

Министерство образования и науки Украины
Донбасская государственная машиностроительная академия (ДГМА)

**АНАЛИЗ ОПАСНЫХ И ВРЕДНЫХ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ
В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

Методические указания

для студентов специальностей ЛП, ОЛП

Утверждено
на заседании
методического совета
Протокол № 9 от 19.06.2014

Краматорск
ДГМА
2014

УДК 658.382.3

Анализ опасных и вредных производственных факторов в литейном производстве : методические указания для студентов специальностей ЛП, ОЛП / сост. Н. М. Глиняная. – Краматорск : ДГМА, 2014. – 103 с.

Содержит рекомендации по выполнению раздела дипломного проекта, посвященного анализу опасных и вредных производственных факторов в литейном производстве, а также указания, касающиеся анализа устойчивости работы промышленного объекта в условиях чрезвычайной ситуации.

Предназначено для студентов высших учебных заведений технического профиля дневной и заочной форм обучения специальностей ЛП, ОЛП.

Составитель Н. М. Глиняная, доц.

Отв. за выпуск А. П. Авдеенко, проф.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 АНАЛИЗ ОПАСНЫХ И ВРЕДНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ В ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХАХ.....	7
1.1 Классификация опасных и вредных производственных факторов.....	7
1.2 Химические опасные и вредные производственные факторы	9
1.2.1 Классификация веществ по степени опасности.....	9
1.2.2 Особенности токсичности металлов	10
1.2.3 Токсичность некоторых веществ и их соединений	12
1.2.4 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.....	19
1.2.5 Вредные вещества в литейном производстве и их действие на организм человека	21
1.2.6 Канцерогенные вещества в литейном производстве.....	23
1.2.7 Основные источники пыли и газозадушных выбросов в литейном производстве.....	25
1.3 Физические опасные и вредные производственные факторы.....	34
1.3.1 Теплота.....	34
1.3.2 Шум в литейных цехах.....	36
1.3.3 Вибрация в литейных цехах.....	44
1.3.4 Ультразвук	46
1.3.5 Электромагнитные поля и излучения	47
1.3.6 Ионизирующие излучения	52
1.3.7 Электрический ток	53
1.3.8 Транспортные средства	54
1.3.9 Взрыво-, пожароопасность в металлургических цехах.....	55
2 БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ	63
2.1 Факторы, влияющие на устойчивость работы промышленного объекта в условиях ЧС.....	63
2.2 Анализ устойчивости работы производственного цеха к действию воздушной ударной волны.....	63
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	67
Приложение А	68
Приложение Б.....	70
Приложение В.....	75
Приложение Г	76
Приложение Д.....	78
Приложение Е.....	78
Приложение Ж.....	80
Приложение К.....	84

Приложение Л.....	85
Приложение М.....	89
Приложение Н.....	89
Приложение П.....	90
Приложение Р.....	91
Приложение С.....	93
Приложение Т.....	94
Приложение У.....	97
Приложение Ф.....	98
Приложение Ц.....	100
Приложение Ш.....	102
Приложение Щ.....	103

ВВЕДЕНИЕ

В пояснительной записке дипломного проекта при выполнении раздела, посвященного охране труда и безопасности в чрезвычайных ситуациях, особое внимание должно быть уделено детальному анализу опасных и вредных производственных факторов, которые могут иметь место при выполнении всех технологических операций производственного цикла.

При внедрении новой технологии, которая еще не регламентирована действующими правилами безопасности, первоочередной задачей является обеспечение безопасных и безвредных условий труда на каждом рабочем месте.

Согласно ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» опасные и вредные производственные факторы подразделяются на физические, химические, психофизические, биологические. Для литейных цехов характерны, как правило, опасные и вредные производственные факторы первых трех групп.

Студентам специальности ЛП рекомендуется провести анализ опасных и вредных производственных факторов для основных производственных участков (отделений) в соответствии с планом проектируемого цеха, студентам специальности ОЛП для основных технологических процессов проектируемой линии.

К химическим опасным и вредным производственным факторам в литейных цехах можно отнести:

- газы, пары (необходимо указать источники выделения вредных веществ, их фактическую и предельно допустимую концентрации (ПДК));
- пыль (необходимо указать источники выделения пыли, вещества входящие в состав пыли, их фактическую концентрацию и ПДК);

К физическим опасным производственным факторам относятся:

- расплавленный металл, брызги расплавленного металла, раскаленный металл;
- опасные зоны оборудования, автоматизированных участков, конвейерных линий, роботизированных участков;
- повышенное напряжение в электросети (необходимо указать электрооборудование и фактическое значение напряжения);
- подъемно-транспортное оборудование;
- внутрицеховой транспорт;

К физическим вредным производственным факторам относятся:

- факторы, формирующие микроклимат, такие как температура воздуха рабочей зоны, относительная влажность, скорость движения воздуха (необходимо указать источники избыточных тепловыделений, влажности, воздушных потоков; фактические и предельно допустимые значения параметров микроклимата);
- шум (необходимо указать источники шума, фактические значения уровня шума, предельно допустимый уровень (ПДУ));

- вибрация (необходимо указать источники вибрации, фактические значения вибрации, ПДУ);
- излучения (необходимо назвать источники электромагнитных, ионизирующих и др. излучений, привести их фактические значения, ПДУ).

Психофизическими факторами являются:

- физические, например, динамические нагрузки при ручном перемещении грузов и др. видах физических работ; статическое перенапряжение (необходимо указать, при выполнении каких именно производственных операций данные нагрузки имеют место);
- психические, например, утомление из-за монотонности труда, высокой концентрации внимания и др. (необходимо указать, при выполнении каких производственных операций данные нагрузки имеют место).

При выполнении раздела дипломного проекта, который посвящен анализу устойчивости работы промышленного объекта в условиях чрезвычайной ситуации, обусловленной взрывом газовой воздушной углеводородсодержащей смеси, а именно к воздействию воздушной ударной волны, рекомендуется следующая последовательность рассмотрения вопросов:

- необходимо рассчитать величину избыточного давления ударной волны в месте расположения промышленного объекта;
- составить сводную таблицу, содержащую характеристику основных элементов объекта, степень разрушения для каждого элемента объекта при разных избыточных давлениях ударной волны;
- определить предел устойчивости каждого элемента как границу между слабыми и средними разрушениями;
- определить предел устойчивости работы объекта в целом по минимальному пределу устойчивости элементов, входящих в состав промышленного объекта;
- дать определение критерия устойчивости объекта к действию ударной волны;
- провести сравнительный анализ теоретически полученного значения предела устойчивости работы объекта с расчетной величиной избыточного давления фронта ударной волны в месте расположения объекта и сделать вывод об устойчивости работы объекта в условиях данной ЧС;
- в том случае, если объект признан неустойчивым к действию ударной волны, необходимо внести предложения для повышения устойчивости каждого неустойчивого элемента объекта.

Обоснование выбора технологических схем, оборудования, технологических решений, используемых в дипломном проекте, в первую очередь, должно базироваться на безопасности производственных процессов, основного и вспомогательного технологического оборудования, производственных условий труда для работающих, с целью недопущения травматизма на производстве, снижения уровня профессиональных заболеваний, для создания оптимальных условий труда.

1 АНАЛИЗ ОПАСНЫХ И ВРЕДНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ В ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХАХ

1.1 Классификация опасных и вредных производственных факторов

В соответствии с ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» опасные и вредные производственные факторы подразделяются на следующие группы:

1 *Физические* опасные и вредные производственные факторы: движущиеся машины и механизмы; незащищенные подвижные элементы производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; разрушающиеся конструкции; обрушивающиеся горные породы; повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны; повышенный уровень шума; повышенный уровень вибраций; повышенный уровень инфразвуковых колебаний; повышенный уровень ультразвука; повышенное или пониженное барометрическое давление в рабочей зоне; повышенная или пониженная влажность воздуха; повышенный уровень ионизирующих излучений в рабочей зоне; повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; повышенный уровень статического электричества; повышенный уровень электромагнитных излучений; повышенная напряженность электрического поля; повышенная напряженность магнитного поля; отсутствие или недостаток естественного света; недостаточная освещенность рабочей зоны; повышенная яркость света; пониженная контрастность; прямая или отраженная блескость; повышенная пульсация светового потока; повышенный уровень ультрафиолетовой радиации; повышенный уровень инфракрасной радиации; острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов; расположение рабочего места на значительной высоте относительно поверхности земли (пола).

2 *Химические* опасные и вредные производственные факторы.

По воздействию на организм человека они подразделяются на такие:

- общетоксические, которые действуют отравляюще на весь организм, поражают центральную нервную систему (СО, CNS H₂S, ароматические углеводороды);
- раздражающие, действующие на слизистую оболочку глаз, слизистую поверхность верхних дыхательных путей (кислоты, щелочи, Cl₂, NO₂, SO₂ в небольших концентрациях);
- сенсibiliзирующие, при воздействии которых повышается чувствительность организма человека к данным веществам, обладают аллергическим действием, вызывают кожные, астматические явления (ртуть, ароматические нитро- и нитрозосоединения, нитролаки, аминсоединения);

- канцерогенные, которые приводят к возникновению злокачественных опухолей (продукты перегонки нефти, асбест и т. п.);
- мутагенные, вызывающие изменение наследственного аппарата человека, что приводит к возникновению мутаций и передаче их потомкам (соединения свинца, ртути, бенз[α]пирен).

По пути проникновения в организм человека химические вещества подразделяются на проникающие:

- через органы дыхания;
- через пищеварительную систему;
- через кожные покровы и слизистые оболочки.

3 **Биологические** опасные и вредные производственные факторы: патогенные микроорганизмы (бактерии, вирусы, спирохеты, грибы и т. д.), вызывающие различные заболевания; макроорганизмы.

4 **Психофизические** опасные и вредные производственные факторы по характеру воздействия подразделяются на:

- физические (статические и динамические перегрузки);
- нервно-психические (умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов, монотонность труда, эмоциональные перегрузки и т.п.).

Один и тот же опасный и вредный производственный фактор по природе своего действия может относиться одновременно к различным группам.

В разделе диплома, который посвящен анализу опасных и вредных производственных факторов, необходимо осуществить анализ всех видов производственного оборудования с точки зрения опасности для работников цеха, сравнить с данными аналогичного оборудования и обосновывать выбор решения в проекте. Также необходимо осуществить оценку каждого производственного процесса с точки зрения влияния на работающих постоянных и периодических опасных факторов. **Постоянные** – это опасные факторы, которые всегда присутствуют при выполнении технологического процесса. Например, при выпуске чугуна из вагранки в ковш всегда имеется опасность попадания жидкого металла на рабочего, который осуществляет эту технологическую операцию. **Периодические** – это факторы, которые возникают непредвиденно во время выполнения технологического процесса, например, прогар воздушных фурм в вагранке, прорыв футеровки, выброс стали при раскислении в ковше, повреждение электрической изоляции, обрыв тороса подъемного механизма и т. п.

Рассмотрим подробнее группы опасных и вредных производственных факторов с учетом особенностей литейного производства.

В литейных цехах основными опасными и вредными производственными факторами являются: пыль, пары и газы, избыточная теплота, повышенный уровень шума, вибраций, электромагнитных излучений, движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования, внутрицеховой транспорт и др.

1.2 Химические опасные и вредные производственные факторы

1.2.1 Классификация веществ по степени опасности

Вредные вещества по степени воздействия на организм человека подразделяются на четыре класса опасности: 1-й – вещества чрезвычайно опасные; 2-ой – вещества высокоопасные; 3-й – вещества умеренно опасные; 4-й вещества малоопасные. Отнесение вредного вещества к классу опасности производят по показателю, значение которого соответствует наиболее высокому классу опасности (табл. 1.1) [1].

Таблица 1.1 – Класс опасности вредных веществ в зависимости от норм и показателей

Показатель	Норма для класса опасности			
	1-го	2-го	3-го	4-го
ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	Менее 0,1	0,1...1,0	1,1...10,0	Более 10,0
Средняя смертельная доза при введении через желудок, мг/кг	Менее 15	15...150	151...5000	Более 5000
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу, мг/кг	Менее 100	100...500	501...2500	Более 2500
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/ м ³	Менее 500	500...5000	5001...50000	Более 50000
Коэффициент возможности индукционного отравления (КВИО)	Менее 300	300...30	29...3	Менее 3
Зона острого действия	Менее 6,0	6,0...18,0	18,1...54,0	Более 54,0
Зона хронического действия	Более 10,0	10,0...5,0	4,9...2,5	Менее 2,5

1.2.2 Особенности токсичности металлов

Между токсичностью соединений металлов и их физико-химическими свойствами (молекулярной массой, плотностью, температурой кипения, температурой плавления) есть определенная связь.

Токсичность относительно хорошо растворимых соединений металлов связана с нормальным потенциалом металла, потенциалом первичной ионизации атома металла, значением атомного радиуса, с растворимостью различных соединений металлов, прочностью кислородного соединения металла.

Токсические свойства различных металлов очень разнообразны. Поведение металлов в большой степени зависит от пути попадания в организм человека, так как на пути попадания в кровь из разных первичных депо (подкожная клетчатка, легочная ткань, кишечник) они встречаются разные по своим физико-химическим свойствам и по проницаемости физиологические барьеры [1].

Одним из важнейших факторов, определяющих токсические свойства металлов и характер их биологического действия, является способность металла проникать через клеточные мембраны во внутреннюю среду клеток. Легкость проникновения внутрь клеток связана, очевидно, с малым ионным радиусом (0,43 Å для бериллия, 0,47 Å – хрома, 0,90 Å – марганца и т.д.). Прочная связь металла с белком, которая различна у разных металлов, влияет на его поведение в организме.

Скорость всасывания металлов при одинаковом пути их попадания в организм определяется, прежде всего, физико-химическим состоянием металла в организме. На всасывание металлов влияет способность некоторых из них образовывать растворимые соединения с некоторыми биоконплексами, что объясняет их лучшую растворимость в биологических средах по сравнению с растворимостью в воде.

На растворимость одного металла может влиять другой металл. Растворимость кобальта в присутствии вольфрама значительно усиливается. Некоторые металлы (торий, церий, лантан, плутоний и др.) быстро выделяются из кишечника и поэтому мало выводятся через почки.

Характерное заболевание – «литейная лихорадка», которая вызывается вдыханием паров ряда металлов, в первую очередь, цинка, реже никеля, меди, железа, кобальта, свинца, марганца, бериллия, олова, сурьмы, кадмия и их оксидов. Некоторые металлы (хром, никель, бериллий, мышьяк и др.) обладают канцерогенным действием и способны вызывать рак различных органов.

Степень и характер токсичности соединений металлов определяется в большей мере катионом металла, чем анионом.

При острых отравлениях солями хрома, урана, ртути, мышьяка и других металлов могут возникнуть некротические изменения, т.е. омертвление какой-либо части организма.

При хронических интоксикациях некоторыми металлами, например, свинцом, ртутью, марганцем, могут возникать нарушения слуховой и вестибулярной функций организма.

Концентрации, вызывающие острое отравление организма, настолько велики, что практически в производственных условиях не встречаются. Возникают только хронические отравления, например, свинцом, марганцем и др., которые являются следствием кумуляции, т.е. накопления в организме проникшего в него вещества, но известную роль играет и функциональная кумуляция, т.е. накопление изменений, вызываемых новыми порциями поступающего вещества.

Некоторые металлы и их соединения могут вызывать аллергические реакции, связанные с необычной реакцией организма при повторном или многократном воздействии тех или иных веществ. К числу заболеваний аллергического происхождения относят бронхиальную астму, некоторые заболевания сердца, поражения кожи, глаз, носа и др. Свойствами аллергенов обладают ртуть, кобальт, никель, хром, платина, бериллий, мышьяк, золото, цинк и некоторые их соединения.

Многие металлы являются биологическими микроэлементами, находящимися в крови, печени, мышцах, железах внутренней секреции, костях. Их содержание очень невелико ($10^{-3} \dots 10^{-2} \%$), однако они играют определенную биологическую роль в нормальных физиологических процессах организма (в процессах обмена веществ, роста, тканевого дыхания, кроветворения и др.) Недостаток или избыток микроэлементов против нормального содержания приводит к нарушениям тех или иных функций организма и заболеваниям. К числу биоэлементов относятся ванадий, железо, калий, кальций, кобальт, кремний, магний, марганец, медь, молибден, натрий, стронций, фосфор, цинк. К биогенным металлам, которые находятся в животных организмах, относятся также алюминий, барий, бериллий, висмут, галлий, германий, кадмий, литий, мышьяк, никель, олово, ртуть, рубидий, свинец, серебро, сурьма, титан, уран, хром, цезий и др. [1].

В производственных условиях в литейных цехах наибольшую опасность представляют загрязнения воздушной среды, из-за чего происходит попадание токсических веществ внутрь организма человека при вдыхании. Кроме того, возможен непосредственный контакт при оседании загрязнений на наружные поверхности организма – кожные покровы, глаза. Не исключена возможность попадания токсических веществ в организм человека при заглатывании загрязненной пищи.

При многокомпонентном загрязнении воздуха возможно усиление токсического действия. Например, смеси, содержащие карбиды вольфрама, титана и кобальта, обладают более выраженным действием, чем пыль отдельных компонентов.

Загрязнение воздушной среды цеха металлами и их соединениями при осуществлении технологических процессов происходит механическим или физико-химическим путем.

При измельчении и перегрузке сырых материалов, ломке футеровки печей, очистке от окалины и т.п. воздух загрязняется пылью, образуются аэрозоли,

дисперсной фазой которых являются пылинки различного качественного состава, разных размеров и форм. При плавке, выпуске и разливке металлов возможна конденсация паров металлов; образуются аэрозоли, дисперсную фазу которых составляют частицы металлов и их соединений с другими веществами.

Металлы в воздухе иногда находятся в разновалентном состоянии, чем может определяться разница в их токсическом воздействии. Образующиеся пары металлов быстро конденсируются и окисляются, а степень окисления зависит от окружающих условий.

Интенсивность выделения паров металлов зависит от их упругости. Оценить опасность загрязнения воздуха парами металлов можно, зная упругость металла, его оксидов и других соединений, которые образуются при температурах данного технологического процесса. Следует учитывать, что испарение некоторых металлов начинается раньше плавления. Может происходить изменение валентности металла в его аэрозоле. Летучесть разных соединений металлов различна. Так, соединения меди с мышьяком очень летучи, а соединения железа с мышьяком малолетучи.

Степень загрязнения воздуха (при прочих одинаковых условиях) зависит и от его подвижности.

1.2.3 Токсичность некоторых веществ и их соединений

Опасным действием на организм человека обладают, прежде всего, ионы металлов, пылевидная фракция, а также соли металлов [1].

Алюминий Al. Атомная масса (Ат. м.) 26,9815; температура плавления (т. пл.) 660 °С; температура кипения (т. кип.) 2452 °С; плотность (плотн.) 2,702 г/см³.

ПДК для алюминия и его сплавов (в пересчете на Al) 2 мг/м³.

Токсическое действие. При вдыхании пыли или дыма возникает поражение легких. Особенно токсичны мышьяковистый алюминий и силикофтористый алюминий, токсические свойства которых создаются радикалом, соединенным с атомом алюминия. При попадании частиц алюминия в глаза происходят очаговые отравления, изменяется капсула хрусталика, пигментация роговицы, возникает помутнение стекловидного тела. Возможно раздражение слизистых оболочек глаз, носа, рта, половых органов, поражение кожи; может возникнуть фиброз легких («алюминоз»).

Барий Ba. Ат. м. 137,33; т. пл. 727 °С; т. кип. 1637 °С; плотн. 3,78 г/см³.

ПДК для пыли BaSO₄ (при содержании менее 10 % SiO₂) 5 мг/м³; для BSiO₃ 2 мг/м³.

Токсическое действие. Нерастворимые соли бария, в частности, сульфат не ядовиты. Растворимые соединения бария, например, хлорид, сульфид, оксид бария и др. ядовиты. При попадании через рот оказывают раздражающее действие. Соединения бария вызывают воспалительные заболевания головного

мозга, действуют на гладкую и сердечную мускулатуру. Могут вызывать пневмокониоз. Пыль барита и серноокислого бария (при длительном воздействии) может вызвать поражение легких. Минерал барит и чистый серноокислый барий практически безвредны. Более выраженным токсическим действием обладает хлористый барий, несколько меньшим – азотноокислый барий, окись и перекись бария; наименее токсичны углекислый и уксуснокислый барий. Пыль барита и серноокислого бария (при длительном воздействии) может вызвать заболевание легких.

Ванадий V. Ат. м. 50,942; т. пл. 1920 °С; т. кип. 3400 °С; плотн. 6,11 г/см³.

ПДК для дыма оксида ванадия (V) 0,1 мг/м³; для феррованадия (V), для пыли ванадий содержащих шлаков 4 мг/м³; для пыли и оксида ванадия (III) и (V) 0,5 мг/м³.

Токсическое действие. Соединения ванадия имеют различную токсичность. Оказывают быстрое раздражающее действие на дыхательный тракт и слизистую оболочку глаз. При этом долго нет болей, плохо ощущаются больным и другие болезненные симптомы заболевания, затем развиваются острые и хронические заболевания дыхательных путей с носовыми кровотечениями, возможны воспаление легких, склероз легких, эмфизема легких; также возможны изменения в сердечно-сосудистой системе, функциональные изменения нервной системы, нарушение синтеза белка организмом, что приводит к похудению, угнетение синтеза гемоглобина крови, вследствие чего снижается содержание витамина С. Возникает одышка, анемия и снижается количество лейкоцитов. Появляются воспалительно-аллергические заболевания кожи, реже – бронхиальная астма. Характерными признаками хронического отравления являются изменения слизистых оболочек дыхательного тракта (сухость, рубцы, эрозии). При длительном воздействии возникают дрожание конечностей, неврастения, воспаление зрительного нерва и сетчатки может привести к слепоте, нарушается деятельность сердечно-сосудистой системы, растет количество холестерина в крови. Признаками поражения нервной системы являются следующие: головная боль, усталость, потливость, подавленное состояние, дрожание рук, повышенная чувствительность кожи конечностей.

Пыль металлического ванадия при хроническом действии вызывает изменения в желудочно-кишечном тракте, печени, почках. Пыль ванадиевого шлака может оказывать раздражающее и общетоксическое действие.

Оксид ванадия (III) оказывает умеренное раздражающее действие; оксид ванадия (V) при вдыхании или попадании через рот вызывает воспалительные изменения в органах дыхания и желудочно-кишечном тракте. Соли ванадия (ванадаты, хлориды) хорошо всасываются из желудочно-кишечного тракта.

Производственная пыль ванадия, феррованадия и карбида ванадия обладает выраженным хроническим местным и общим токсическим действием. Длительное действие приводит к хроническому бронхиту, промежуточному склерозу легких, при попадании яда через рот возникает катар желудка.

Хроническое общетоксическое действие приводит к изменениям в печени и почках; ванадийсодержащие аэрозоли сложного состава быстрее вызывают пневмокониоз.

Вольфрам W. Ат. м. 183,85; т.пл. 3370...3390 °С; т.кип. 5900...6000 °С; плотн. 19,3 г/см³.

ПДК для вольфрама и карбида вольфрама 6 мг/м³.

Токсическое действие. Некоторые соединения вольфрама более токсичны, чем соединения молибдена. Вольфрам, его оксид и карбид могут вызвать начальные явления пневмосклероза. Соединения вольфрама могут вызывать также заболевания кожи. Хлорид вольфрама обладает общетоксическим и значительным прижигающим действием, а также раздражающим действием на глаза; оказывает более выраженное общетоксическое действие, чем его оксиды (из-за большой растворимости). Действие хлорида вольфрама на кожу напоминает действие соляной кислоты. Вызывает дистрофию печени вследствие нарушения питания тканей, изменение в желудке и почках.

Сплавы железа

Ферромарганец. При большом выделении пыли возможны изменения в центральной нервной системе, в крови, частичный паралич, слабость мышц, замедление речи. Оказывает токсическое действие, свойственное марганцу. Пыль ферромарганца может при длительном воздействии вызывать нарушения типа пневмокониоза; она более токсична, чем пыль силикомарганца.

Ферромolibден. Действие пыли значительно менее токсично, чем пыли молибдена.

Ферроникель. Действие пыли значительно менее токсично, чем пыли никеля.

Ферросилиций. При хранении, транспортировке, размоле, увлажнении выделяется в воздух фосфористый (а иногда и мышьяковистый) водород (особенно при содержании 30...70% Si), вызывающий отравление, которое может привести и к смертельному исходу. Симптомами отравления являются отрыжка, тошнота, рвота, понос, потеря аппетита, слабость.

Кальций Ca. Ат. м. 40,08; т. пл. 842 °С; т.кип. 1495 °С; плотн. 1,54 г/см³ (20 °С).

ПДК для кальция алюмохромфосфата (в пересчете на CrO₃) 0,01 мг/м³; для кальция никельхромфосфата (по Ni) 0,05 мг/м³.

Токсическое действие. Дым, выделяющийся при горении кальция на воздухе, состоит из оксида кальция, он оказывает разъедающее действие на кожу, глаза и слизистые оболочки. Соединения кальция токсичны в виде оксидов, если содержат токсичный элемент. Карбид кальция вреден из-за выделения ацетилена при контакте карбида с влагой; обладает прижигающим действием, вызывает язвы на коже; опасно попадание в глаза. Оксид кальция и гидрат оксида кальция дают щелочную реакцию и поэтому разъедают кожу и органы дыхания. В виде пыли вызывают воспаление легких, дерматит, раздражение глаз и слизистых оболочек. Оксид кальция, подобно щелочи, омыляет жиры, поглощает влагу из кожи, растворяет белки, раздражает и прижигает ткани, слизистую оболочку глаз, вызывает ожоги кожи.

Кобальт Co. Ат. м. 58,9332; т. пл. 1494 °С; т. кип. 2960 °С; плот. 8,9 г/см³.

ПДК для кобальта и оксида кобальта 0,5 мг/м³.

Токсическое действие. Кобальт – биологически важный элемент, кобальт (и витамин В₂ в котором он содержится) необходим для кроветворения, стимулирует образование красных кровяных клеток и гемоглобина. Большие дозы кобальта вызывают токсическое действие. Возможны поражения почек и печени, воспалительные и склеротические изменения в легких, катар верхних дыхательных путей, хронический бронхит, гипотония, влияние на сердечно-сосудистую и центральную нервную систему. При контакте с кожей вызывает острый дерматит, красные пузыри, узелки и отеки на открытых частях тела, а иногда и на закрытых. Возможны нарушения в органах пищеварения. Степень токсического действия оксидных соединений кобальта зависит от валентности металла. Закись кобальта более токсична, чем его оксид. Металлический кобальт обладает более выраженным острым токсическим действием, чем его оксиды. Пыль металлического кобальта, наряду с действием на легочную ткань, обладает также общерезорбтивным действием (способностью попадать в кровь).

Карбонил кобальта [Co(CO)₄]₂ значительно менее токсичен, чем карбонилы железа и никеля.

Кремний Si. Ат м. 28,086; т.пл. 1410 °С; т. кип. 3249 °С; плотн. 2,33 г/см³.

ПДК для кремнемедистого сплава 4 мг/м³.

Токсическое действие. Кремний малоядовит. Соединения кремния обладают различной токсичностью, особенно опасен кремнезем. Растворимые силикаты калия и натрия вызывают кожные заболевания. Галогеновые соединения кремния раздражают слизистые оболочки. Пыль силумина по действию занимает промежуточное место между алюминием и кремнеземом.

Кремния диоксид SiO₂. Молярная масса 60,0848; т. пл. 1710 °С; т.кип. 2930 °С; плотн. 2,2 г/см³ (аморфный), 2,6 г/см³ (кристаллический).

ПДК для различных модификаций диоксида кремния приведены в таблице 1.2 [1].

Таблица 1.2 – ПДК различных модификаций диоксида кремния

Модификации диоксида кремния	ПДК, мг/м ³
1	2
Кремния диоксид аморфный в виде аэрозоля конденсации при содержании: более 60 % от 10 до 60 %	1 2
Кремния диоксид аморфный в смеси с оксидами марганца в виде аэрозоля конденсации с содержанием каждого их них не более 10 %	1
Кремния диоксид аморфный и стеклообразный в виде аэрозоля дезинтеграции (диатомит, кварцевое стекло, плавленный кварц, трепел)	1

Продолжение таблицы 1.2

1	2
Кремния диоксид кристаллический (кварц, кристобалит, тридимит) при содержании в пыли:	
более 70 % (кварцит, динас и др.)	1
от 10 до 70 % (гранит, шамот, слюда-сырец, углепородная пыль)	2
от 2 до 10 % (горючие кукерситные сланцы, медно-сульфидные руды)	4

Токсическое действие. При вдыхании пыли, содержащей SiO_2 , возникает хроническое заболевание легких – силикоз (разрастание соединительной ткани легких), которое приводит к нарушению дыхательной и других функций легких. Степень воздействия зависит от модификации SiO_2 (тридимит, кристобалит, кварц) и степени дисперсности аэрозоля. Силикоз в ряде случаев осложняется туберкулезом (силикотуберкулезом), а также возможен и рак легких. При силикозе может возникать общетоксическое действие, связанное, очевидно, с растворимостью кремнезема в тканевых жидкостях, которое выражается изменениями в крови.

Магний Mg. Ат. м. 24,305; т.пл. 650 °С; т.кип. 1105 °С; плотн. 1,74 г/см³ (20 °С).

ПДК для магния хлората 5 мг/м³.

Токсическое действие. Вдыхание магния и свежего сублимированного оксида магния может вызвать «литейную лихорадку». При длительном воздействии магния наблюдается хроническое атрофическое воспаление слизистых оболочек носа и горла, катаральное состояние слизистых оболочек верхних дыхательных путей, повышение артериального давления, изменения в крови. Возможно заболевание желудка, торможение центральной нервной системы, паралич скелетных мышц. Металлический магний может травмировать кожу, вызывая воспалительно-гнойные процессы. Частицы металлического магния и его сплавов, перфорируя кожу, проникают через порезы и царапины, что может вызвать тяжелое местное поражение, характеризующееся образованием волдырей и острой воспалительной реакцией, часто с омертвением тканей. Воспалительная реакция заметна на месте повреждения, а также может быть симптомом воспаления лимфатических сосудов. Токсичность соединений магния зависит от его аниона.

Марганец Mn. Ат. м. 54,938; т. пл. 1244 °С; т.кип. 2080 °С; плотн. 7,44 г/см³.

ПДК оксидов марганца (в пересчете на MnO_2) составляет для аэрозоля дезинтеграции и для аэрозоля конденсации 0,3 мг/м³.

Токсическое действие. В норме в организме человека содержится 25...30 г марганца. Однако вдыхание дыма или пыли, аэрозолей марганца и его сплавов вызывает хроническое отравление, так как марганец и его оксиды являются

сильным ядом, действующим на центральную нервную систему, вызывая в ней тяжелые изменения; марганец действует также на легкие («манганокониоз»), печень, кровь, вегетативную систему. При отравлении может произойти чрезмерное развитие тканей головного и спинного мозга. Оказывает действие на кожу, вызывая дерматит, экзему. Хроническое отравление протекает в три стадии: I – функциональное поражение центральной нервной системы, а иногда и поражение желудка, симптомы полиневрита; II – органическое поражение центральной нервной системы; III – «марганцевый паркинсонизм» (дрожательный паралич, вследствие поражения головного мозга), желудочные расстройства, болезни печени и др.

Медь Cu. Ат. м. 63,546» т.пл. 1083,4 °С; т.кип. 2567 °С; плотн. 8,92 г/см³.

ПДК максимальная разовая для меди составляет 1 мг/м³, среднесменная 0,5 мг/м³.

Токсическое действие. В организме взрослого человека в норме содержится 100...150 мг меди. Оксиды меди вызывают «медную лихорадку», желудочно-кишечные расстройства, поражения в носу и верхних дыхательных путях, поражения кожи. Заглатывание может причинить желудочно-кишечные расстройства и кровотечение, воспаление почек.

Молибден Mo. Ат. м. 95,94; т. пл. 2623 °С; т. кип. 4800 °С; плотн. 10,2 г/см³.

ПДК для растворимых соединений в виде аэрозоля конденсации составляет 2 мг/м³; для растворимых соединений в виде пыли 4 мг/м³; для нерастворимых соединений максимальная разовая ПДК – 6 мг/м³.

Токсическое действие. Молибден – биологически важный элемент, содержится в организме в небольших количествах. Хроническое отравление молибденом вызывает нарушение обмена меди, а также фосфора в костной ткани. Металлический молибден и молибденит MoS₂ малоядовиты.

Никель Ni. Ат. м. 58,69; т.пл. 1455 °С; т. кип. 2900 °С; плотн. 8,9 г/см³. Высокодисперсный никель и его оксиды растворимы в биосредах, особенно кислых (желудочный сок).

ПДК для никеля, оксида никеля, сульфида и смеси соединений никеля (в пересчете на никель) составляет 0,05 мг/м³.

Токсическое действие. Пыль никеля может оказывать острое и хроническое действие с преимущественным поражением легких. Возможно возникновение «никелевого зуда» – формы дерматита, поражающей руки и плечи; рака легких, носа или верхней части зева; поражение слизистых оболочек верхних дыхательных путей; нарушение обоняния; снижение кровяного давления; нарушение центральной нервной и сердечно-сосудистой систем, функций печени; появление желудочных заболеваний, бронхиальной астмы, «литейной лихорадки». Сульфидные и закисные соединения никеля могут вызывать злокачественные опухоли бедра и легкого.

Олово Sn. Ат. м. 118,71; т.пл. 231,9 °С; т. кип. 2600 °С; плотн. 5,75 г/см³ (для серого олова).

ПДК для неорганических соединений, исключая оксиды, составляет 2 мг/м³; для органических соединений – 0,1 мг/м³.

Токсическое действие. Элементарное олово нетоксично; его соединения оказывают различное токсическое действие. В результате вдыхания пыли при длительном воздействии возможен пневмокониоз, хроническая экзема.

Свинец Pb. Ат. м. 207,2; т. пл. 327,5 °С; т. кип. 1751 °С; плотн. 11,3415 г/см³ (20 °С).

ПДК максимальная разовая для свинца и его неорганических соединений составляет 0,01 мг/м³.

Токсическое действие. Сильный яд. Отравления свинцом занимают первое место среди хронических профессиональных отравлений. Вызывает в организме ряд изменений, угнетает нервную систему и систему кроветворения, нарушает обмен веществ, вызывает сосудистый спазм в почках и большом круге кровообращения, паралич конечностей, изменения в желудочно-кишечном тракте, хроническое заболевание головного мозга, ускоряет возникновение атеросклероза. Возможны поражения внутреннего уха, астма, язвенная болезнь, гастрит, гипертоническая болезнь, поражения печени, почек, слизистой оболочки рта и носа, психические заболевания, опухоль мочевого пузыря.

Токсичность разных соединений свинца различна из-за неодинаковой растворимости в жидкостях организма, например, в желудочном соке. Труднорастворимые соединения свинца подвергаются в кишечнике сильным изменениям, приводящим к повышению их растворимости и всасываемости.

Титан Ti. Ат. м. 47,88; т.пл. 1671 °С; т. кип. 3260 °С; плотн. 4,5 г/см³ (20 °С).

ПДК для титана и его двуокиси составляет 10 мг/м³.

Токсическое действие. Физиологически инертен. Пыль карбида титана вызывает изменения главным образом в органах дыхания. Соединения титана могут вызывать различные воспаления, бронхиты, пневмосклероз, поражения легких.

Четыреххлористый титан TiCl₄. Молекулярная масса 189,71; т. пл. 30 °С; т. кип. 136,4 °С; плотн. 1,722 г/см³ (25 °С).

ПДК для титана четыреххлористого (по HCl) составляет 1 мг/м³.

Токсическое действие. Тетрахлорид титана обладает сильным раздражающим и разъедающим действием (гидролизует, образуя HCl). Поражает слизистые оболочки верхних дыхательных путей и рта, роговицу глаз; вызывает бронхит, ожоги кожи, раздражение носа, гортани. В жидком состоянии оказывает прижигающее действие и быстро разрушает одежду.

Хром Cr. Ат. м. 51,996; т. пл. 1890 °С; т. кип. 2680 °С; плотн. 7,19 г/см³.

ПДК для хроматов, бихроматов (в пересчете на CrO₃) составляет 0,01 мг/м³.

Токсическое действие. Металлический хром малоядовит, но, образуя растворимые хроматы и бихроматы, может оказывать канцерогенное действие. Соединения хрома характеризуются различной ядовитостью в зависимости

от валентности металла: трехвалентные соединения менее токсичны; шестивалентные соединения значительно ядовитее трехвалентных – они обладают и местным, и выраженным общетоксическим действием; шестивалентный хром проникает в красные кровяные тельца. В организме возможен переход трехвалентного хрома в шестивалентный. Может возникнуть аллергия к шестивалентному хрому. Возможны острые и хронические поражения органов дыхания, кожи, слизистых оболочек глаз; заболевания полости рта. Хромовая кислота и ее соли раздражают и прижигают различные слизистые оболочки и кожу, вызывая изъязвления; при вдыхании аэрозолей этих соединений происходит прободение хрящевой части носовой перегородки, воспаление придатков полости носа, слизистой гортани; оказывают общетоксическое действие главным образом на желудочно-кишечный тракт. Могут возникнуть желтуха, заболевания дыхательных путей, бронхиальная астма, рак легких; на поврежденной коже при контакте возникают дерматиты, изъязвления, язвы. Возможны язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки, тяжелое поражение почек.

Хроматы и бихроматы калия, натрия, алюминия вызывают ожоги кожи; в местах ссадин, царапин возникают дерматиты, язвы, экзема.

Цинк Zn. Ат. м. 65,39; т. пл. 419,58 °С; т. кип. 906,2 °С; плотн. 7,13 г/см³.

ПДК для оксида цинка составляет 0,5 мг/м³.

Токсическое действие. Малотоксичен. При нагревании цинка выделяется газообразный оксид цинка, который является токсичным. Вдыхание дыма оксида цинка вызывает «литейную лихорадку»; пыль может вызвать гнойничковую экзему. Хлористые соединения цинка вызывают повреждение легких, изъязвления пальцев рук и предплечий. Растворимые соли цинка вызывают расстройство пищеварения, раздражение слизистых оболочек носоглотки и дыхательного тракта. Могут возникать синюха, нервные расстройства, изъязвления носовой перегородки, экзематозный дерматит, катар верхних дыхательных путей и пищеварительных органов, изменения в крови. Пыль цинка и оксида цинка вызывает изменения в верхних дыхательных путях и бронхах. Хлористый и серноокислый цинк обладают раздражающим и прижигающим действием.

1.2.4 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

Основные требования к воздуху рабочей зоны представлены в ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны», ГОСТ 12.1.016-79 ССБТ «Воздух рабочей зоны. Требования к методикам измерения концентрации вредных веществ» и ГОСТ 12.1.014-84 ССБТ «Воздух рабочей зоны. Метод измерения концентраций вредных веществ индикаторными трубками».

Предельно допустимое содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно-допустимых концентраций (табл. А.1, прилож. А). Это требование должно быть соблюдено при проектировании производственных зданий, технологических процессов, оборудования, вентиляции, при организации контроля за качеством производственной среды и при обеспечении профилактики неблагоприятного воздействия химических веществ на здоровье работающих.

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны подлежит систематическому контролю для предупреждения возможности превышения ПДК – **максимально разовых рабочей зоны и среднесменных рабочей зоны.**

Предельно допустимая концентрация максимально разовая рабочей зоны – разовая (кратковременная) концентрация вредных веществ, наиболее высокая из числа концентраций, зарегистрированных в данной точке за 30-минутный период наблюдения. Устанавливается для предупреждения рефлекторных реакций у человека, связанных с раздражением слизистых оболочек глаз, носа, верхних дыхательных путей, (слезотечение, чихание, кашель, астматические реакции) при кратковременном воздействии (до 20 мин).

Предельно допустимая концентрация среднесменная рабочей зоны – устанавливается для предупреждения общетоксического, мутагенного, канцерогенного и других влияний на человека. Это средняя концентрация из числа, концентраций, выявленных в течение смены или регистрируемая непрерывно в течение рабочей смены [1].

При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны нескольких вредных веществ одинаправленного действия сумма отношений фактических концентраций каждого из них (C_1, C_2, \dots, C_n) в воздухе к их ПДК (ПДК₁, ПДК₂, ..., ПДК_n) не должна превышать единицы

$$C_1/\text{ПДК}_1 + C_2/\text{ПДК}_2 + C_n/\text{ПДК}_n \leq 1 \quad (1.1)$$

Односторонним действием обладают, например: 1) NO₂ и SO₂; 2) NO₂ и CO; 3) SO₂ и H₂S; 4) спирты; 5) формальдегид и гексан; 6) ацетон и фенол; 7) пары кислот; 8) пары щелочей

При отсутствии одностороннего действия вредностей расчет ведется по той вредности, разбавление которой до ПДК требует наибольшего количества воздуха.

Контроль за содержанием вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Отбор газов должен проводиться в зоне дыхания при характерных производственных условиях. Для каждого производственного участка должны быть определены вещества, которые могут выделяться в воздух рабочей зоны. При наличии в воздухе нескольких вредных веществ контроль воздушной среды допускается проводить по наиболее опасным и характерным веществам, устанавливаемым органами государственного санитарного надзора.

Требования к контролю за соблюдением максимально разовой ПДК.

Контроль содержания вредных веществ в воздухе проводится на наиболее характерных рабочих местах. Содержание вредного вещества в данной конкретной точке характеризуется следующим суммарным временем отбора: для токсичных веществ – 15 мин, для веществ фиброгенного действия – 30 мин. Полученные результаты сравнивают с величинами ПДК максимально разовой для рабочей зоны.

В течение смены и на отдельных этапах технологического процесса в одной точке должно быть последовательно отобрано не менее трех проб.

При возможном поступлении в воздух рабочей зоны вредных веществ с остронаправленным механизмом действия должен быть обеспечен непрерывный контроль с сигнализацией о превышении ПДК.

Периодичность контроля, за исключением веществ с остронаправленным действием, устанавливается в зависимости от класса опасности вредного вещества: для 1 класса – не реже 1 раза в 10 дней, 2 класса – не реже 1 раза в месяц, 3 и 4 классов – не реже 1 раза в квартал [1].

Требования к контролю за соблюдением среднесменных ПДК. Среднесменные концентрации определяют для веществ, для которых установлен норматив – ПДК среднесменная рабочей зоны. Измерения проводят приборами индивидуального контроля или по результатам отдельных измерений. В последнем случае ее рассчитывают как величину, средневзвешенную во времени, с учетом пребывания работающего на всех (в том числе и вне контакта с контролируемым веществом) стадиях и операциях технологического процесса. Обследование осуществляется на протяжении не менее чем 75 % продолжительности смены в течение не менее 3 смен. Расчет проводится по формуле

$$C_{cc} = \frac{K_1 t_1 + K_2 t_2 + \dots + K_n t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}, \quad (1.2)$$

где C_{cc} – среднесменная концентрация мг/м³;

C_1, C_2, \dots, C_n – среднее арифметические величины отдельных измерений концентраций вредного вещества на отдельных стадиях технологического процесса, мг/м³;

t_1, t_2, \dots, t_n – продолжительность отдельных стадий технологического процесса, мин.

Периодичность контроля за соблюдением среднесменной ПДК должна быть не реже кратности проведения периодических медицинских осмотров, установленных Министерством здравоохранения [1].

1.2.5 Вредные вещества в литейном производстве и их действие на организм человека

При производстве 1 т отливок из стали и чугуна выделяется около 50 кг пыли, 250 кг оксида углерода, 1,5...2 кг оксида серы и 1 кг углеводов.

Пыль. Выделение пыли в основном связано с операциями смесеприготовления и выбивки отливок (табл. Б.1, прилож. Б). Пыль литейных цехов характеризуется высоким содержанием диоксида кремния (до 50%) и мелкодисперсностью. Более 90% пылевых частиц имеют размеры менее 2 мкм. Исходя из этих двух показателей, ПДК пыли в воздухе рабочей зоны литейных цехов, как правило, устанавливают равной 2...4 мг/м³ в зависимости от процентного содержания диоксида кремния в пыли (табл. 1.3) [1].

Таблица 1.3 – ПДК диоксида кремния в воздухе рабочей зоны

Содержание SiO ₂ в пыли, %	ПДК, мг/м ³
Свыше 70	1
10...70	2
Не более 10	4

Работа в производственных помещениях с высокими концентрациями кварцесодержащей пыли приводит к возникновению профессиональных заболеваний пылевой этиологии (бронхит, силикоз, пневмокониоз).

Газы, пары, аэрозоли. Наряду с сыпучими материалами, являющимися источником образования пыли, в литейном производстве находят применение органические и неорганические соединения (связующие, катализаторы, добавки и т.д.), которые также могут служить источником образования и выделения в окружающую среду вредных веществ в виде газов, паров и аэрозолей, отходов.

При работе с органическими связующими в процессе сушки стержней и заливки форм металлом происходит значительное выделение токсичных паров и газов. В таблице Б.2 приложения Б приведены основные вредные вещества, выделяющиеся при изготовлении отливок, содержание которых в воздухе рабочих помещений может превышать ПДК или которые при малых концентрациях в воздухе имеют однонаправленное действие на организм человека.

Указанные вещества характерны для группы связующих. Для отдельной марки связующего с учетом вводимых катализаторов этот перечень может быть несколько уже. Например, для связующего КФ-65С характерно выделение фурфуролового спирта, для ЛСТ – ацетона, применение в качестве катализатора ортофосфорной кислоты ведет к выделению соединений фосфора и т.п. [1].

Для смол фенолофуранового и фенолоформальдегидного классов характерно выделение (как на формовке, так и на заливке) свободных фенола и формальдегида. При использовании в смесях с этими смолами серосодержащих кислотных отвердителей (ароматических сульфокислот) возможно выделение

диоксида серы и сероводорода. Для смесей, отверждаемых продувкой аминами, характерно выделение аминов, аммиака, бензола, толуола и ксилола. Для всех смесей на органических связующих на заливке металла характерно выделение монооксида углерода (СО).

В таблице Б.3 приложения Б дана краткая токсикологическая характеристика вредных веществ и их ПДК.

При плавке легированных сталей и цветных металлов в воздух рабочей зоны могут выделяться аэрозоли конденсации окислов марганца, цинка, ванадия, никеля и многих других металлов и их соединений.

Окись углерода. Окись углерода является основным вредным производственным фактором в чугуно- и сталелитейных цехах. Источники выделения окиси углерода – вагранки и другие плавильные агрегаты, а также залитые формы в процессе остывания, сушильные печи, агрегаты поверхностной подсушки форм и др. Например, концентрация окиси углерода в колошниковых газах вагранок достигает 15%. Количество окиси углерода, выделяющейся при заливке чугуна и стали, зависит от времени пребывания отливки в цехе и массы отливок (при заливке чугуна в формы для получения отливок массой 10-200 кг выделяется 40-500 г СО на 1 т залитого металла).

Двуокись углерода. Двуокись углерода (углекислый газ), применяемый для химической сушки (твердения) песчано-глинистых форм, не токсичен, однако при большом количестве его в воздухе рабочей зоны содержание кислорода уменьшается, что может вызвать тягостное ощущение и даже явление удушья (асфиксию).

1.2.6 Канцерогенные вещества в литейном производстве

Канцерогенные вещества – это вещества, вызывающие раковые заболевания различных органов.

Установлено, что высокой опасности заболевания раком подвержены рабочие чугунолитейных цехов.

В литейном производстве возможно образование в основном 3-х следующих групп канцерогенных веществ [1]:

- бензол C_6H_6 . Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ);
- нитрозамины и нитрозамиды (нитраты, нитриды, оксиды азота, амины);
- неорганические вещества, металлы и их оксиды (Cr (IV), Mn, Ni).

В первую и вторую группы входят органические вещества, содержащие С, О, Н, N.

Бензол и ПАУ образуются при пиролизе органических материалов, содержащих С и Н. При этом материал может нагреваться в интервале температур 500...2000 °С при недостатке кислорода или неполном сгорании.

Наиболее вредным канцерогенным веществом этой группы, по которому осуществляют нормирование канцерогенов в окружающей среде, является бензопирен (БП) $C_{20}H_{12}$. Максимально разовая ПДК_{БП} составляет $15 \cdot 10^{-5}$ мг/м³.

Из ПАУ бензопирен – наиболее химически стойкое вещество, хорошо растворяется в воде. Однако эффективность очистки от него существующими методами низкая и составляет 72...82%, поэтому бензопирен распространяется на большие расстояния от источника загрязнения и накапливается в донных отложениях, планктоне, водорослях, водных организмах.

Растворимость бензопирена в воде составляет 0,01...0,1 мг/л, в присутствии ПАВ она увеличивается в 2-10 раз.

Расчет допустимого уровня бензопирена в воде проводят по формуле

$$D_{\text{БП}} = \frac{a m_{\text{ч}}}{m_{\text{ж}} V_{\text{в}} T K_{\text{з}}} \quad (1.3)$$

где $D_{\text{БП}}$ – допустимая концентрация бензопирена в воде, мг/л;

a – безопасная концентрация бензопирена, полученная экспериментальным путем, мг/л;

$m_{\text{ч}}$, $m_{\text{ж}}$ – средняя масса человека и экспериментального животного соответственно, кг;

$V_{\text{в}}$ – объем воды, потребляемый человеком в течение года (~ 800 л);

T – средняя продолжительность жизни человека (70 лет);

$K_{\text{з}}$ – коэффициент запаса.

Норматив по бензопирену в воде питьевой и культурно-бытового водопользования составляет 0,005 мг/л.

Сложным является нормирование бензопирена в почве, т.к. способность накапливаться и проникать зависит от типа почвы. Ориентировочная концентрация бензопирена в почве составляет 10...20 мг/кг почвы.

Исследования по попаданию бензопирена в организм человек показали, что оно происходит, главным образом, с продуктами питания и составляет за весь период жизни несколько десятков миллиграмм.

Источниками бензопирена в литейном производстве являются: органические связующие (табл. 1.4), промышленные масла [1].

Таблица 1.4 – Выделение бензопирена при пиролизе литейных связующих

Связующее	Марка	Количество бензопирена, 10^{-5} мг/м ³
Смола	СФ-015	0,39
	КФ-90	25,0
Кубовые остатки	КО	104

Наиболее опасными по бензопирену являются промышленные масла, которые применяют:

- в системах гидравлики плавильных печей (гидроцилиндры индукционных печей (скапливается под печами и при выпуске горит);
- при изготовлении формовочных смесей (в качестве добавки);
- при механической обработке (добавляется в смазочно-охлаждающую жидкость).

Анализ содержания бензопирена в воздухе рабочей зоны в литейном цехе приведен в таблице 1.5 [1].

Неорганические вещества, являющиеся канцерогенными, такие как Cr (IV), Mn, Ni, могут выделяться при плавке легированных сталей, металлообработке.

Таблица 1.5 – Содержание бензопирена в воздухе рабочей зоны в литейном цехе

Отделение литейного цеха	Содержание бензопирена, 10^{-5} мг/м ³
Плавильное: плавка в вагранках	1,4
индукционная печь: плавка с использованием стружки	43
обычная плавка	6
дуговая печь	6
заливка форм	10...12
Выбивное: выбивка отливок: без стержней	2...5
со стержнями	40...160
Стержневое: по горячим ящикам	1...5
связующее КО	60
Смесеприготовительное	3

1.2.7 Основные источники пыли и газозадушных выбросов в литейном производстве

В современных чугунолитейных цехах в качестве плавильных агрегатов применяют водоохлаждаемые вагранки закрытого типа, индукционные тигельные печи повышенной и промышленной частоты, дуговые печи типа ДЧМ, а в современных сталеплавильных – дуговые и индукционные печи с основной

и кислой футеровкой, установки электрошлакового переплава, вакуумные печи различных конструкций и т.д. В таблице 1.6 приведены усредненные данные о вредных веществах, выделяющихся при плавке металла [1].

Выбросы загрязняющих веществ при плавке металла зависят от двух составляющих:

- состава шихты и степени ее загрязнения;
- от выбросов самих плавильных агрегатов в зависимости от используемых видов энергии (газ, кокс, и т.п.) и технологии плавки.

Таблица 1.6 – Выделение вредных веществ и уровни шума при плавке металла в плавильных агрегатах

Параметр	Водоохлаждаемые вагранки закрытого типа	Индукционные тигельные печи		Дуговые печи
		повышенной частоты	промышленной частоты	
Содержание пыли в отходящих газах, кг/т	10...18	0,3	0,3	5...10
Газообразование, м ³ /т	1000	4	5	120
Уровень шума, дБА	80 (постоянно)	30 (при загрузке шихты)	50 (при загрузке шихты)	90 (при плавлении)

Вредные выбросы при выплавке металлов и сплавов

Выплавка металлов в вагранках. При выплавке металла в вагранках количество и состав отходящих газов, их запыленность predetermined типом вагранок, которые различаются типом дутья, видом используемого топлива, конструкцией горна, шахты, колошника.

В среднем при работе вагранок на каждую тонну чугуна приходится 1000 м³ выбрасываемых в атмосферу газов, содержащих 5...20 % окиси углерода; 5...17 % углекислого газа; до 2 % кислорода; до 1,7 % водорода; до 0,5 % сернистого ангидрида; 70...80 % азота [1]. Количество пыли, попадающей в воздух, из расчета на каждую тонну чугуна составляет 3...20 г/м³ (табл. В.1 – В.3 прилож. В).

Значительно меньше количество выбросов из вагранок закрытого типа. Так, в дымовых газах отсутствует окись углерода, а к.п.д. очистки от взвешенных частиц достигает 98...99 %.

Химический состав ваграночной пыли различен и зависит от состава металлозавалки, шихты, состояния футеровки, вида топлива, условий работы вагранки.

Выплавка металлов в электродуговых печах. Сравнительно большой выход технологических газов наблюдается при плавке стали в электродуговых печах. В данном случае состав газов зависит от периода плавки, марки выплавляемой стали, герметичности печи, способа удаления газов и наличия кислородной продувки. При плавке углеродистых сталей газы на уровне выступа рабочего окна содержат (по объему) 0,05...0,22 % окиси углерода, 0,8...6 % углекислого газа, 15...20 % кислорода, до 0,01 % водорода, до 0,07 % окислов азота и до 0,005 % оксидов серы. В среднем за плавку выделяется 10...20 кг пыли на каждую тонну жидкой стали, но интенсивность ее выделения меняется по периодам плавки. Во время плавления шихты, окисления примесей и в восстановительный период выносятся соответственно 0,15...0,6; 2,3...3,6 и 0,3...1,3 кг/ч пыли на 1 т стали. Примерный химический состав пыли, %: Fe_2O_3 – 56,8; Mn_2O_3 – 10; Al_2O_3 – 5; SiO_2 – 6,9; CaO – 6,9; MgO – 5,8; остальное – хлориды, оксиды хрома и фосфора. Размер частиц пыли 0...20 мкм, однако основную ее массу (около 75 %) составляют частицы 0...4 мкм. Количество выбрасываемых газов и пыли в зависимости от вместимости печи приведено в таблице Г.1 – Г.3 приложения Г.

Выплавка металла в индукционных печах. При плавке в индукционных печах основной составляющей пыли являются окислы железа, остальное – окислы кремния, магния, цинка, алюминия в различном соотношении в зависимости от химического состава металла и шлака. Выделяемые при плавке чугуна в индукционных печах частицы пыли имеют дисперсность от 5 до 100 мкм. Количество газов и пыли в 5...6 раз меньше, чем при плавке в электродуговых печах (табл. 1.6; табл. Д.1, прилож. Д).

Вредные выбросы при выполнении основных технологических процессов в литейных цехах

Выбросы при выпуске чугуна. При выпуске чугуна из вагранки в заливочные ковши выделяется 20 г/т графитовой пыли и 130 г/т окиси углерода; из других плавильных агрегатов вынос пыли менее значителен.

Выбросы при заливке форм. При заливке форм в атмосферу цеха попадают водяные пары, водород и повышенное количество окиси углерода, образующейся в результате реакции горения органических примесей. Также при литье под действием теплоты жидкого металла из формовочных смесей выделяются бензол, фенол, формальдегид и другие токсичнее веществ. Их количество зависит от состава формовочных смесей, массы и способа получения отливки и других факторов.

При разливе чугуна в формы выделение окиси углерода в атмосферу цеха зависит от массы отливок (табл. Е.1, прилож. Е). В состав выделяющихся газов входит более 50 % водорода, 30...35 % окиси углерода и некоторое количество (около 10 %) двуокиси углерода, сероводород, сернистый ангидрид, предельные углеводороды, непредельные углеводороды, азот и кислород.

В таблице Е.2 приложения Е даны приведенные (в пересчете на оксид углерода) удельные газовыделения при заливке и охлаждении форм и стержней с использованием холоднотвердеющих смесей.

Наиболее интенсивно окись углерода выделяется на начальной стадии застывания отливки (около 70 %). Окись углерода, ПДК которой равна 20 мг/м³, относится к наиболее вредным компонентам газа, выделяющегося из литейных форм после заливки в них металла. Фактическое содержание СО в таком газе в зависимости от состава смесей изменяется в пределах 8...35 % по объему, т.е. превышает ПДК в (6...20)·10³ раз. Содержание других компонентов (фенола, формальдегида, аммиака и т.п.) также в 10...1000 раз выше соответствующих ПДК [3].

Процесс газообразования в разовой форме описывается формулами

$$Q = aS\sqrt{t}, \quad (1.4)$$

$$\omega = aS/(2\sqrt{t}), \quad (1.5)$$

где Q – количество образующихся газов, м³;

S – поверхность контакта металла с формой и стержнями, м²;

t – время от момента заливки металла до кристаллизации отливки, с;

ω – скорость газовой выделения форм, м³/с.

Приведенный коэффициент газообразования

$$a = \frac{a_{\text{ф}}S_{\text{ф}} + a_{\text{ст}}S_{\text{ст}}}{S_{\text{ф}} + S_{\text{ст}}}, \quad (1.6)$$

где $a_{\text{ф}}$, $a_{\text{ст}}$ – коэффициенты газообразования формовочной и стержневой смесей, с^{0,5};

$S_{\text{ф}}$, $S_{\text{ст}}$ – поверхности контакта металла с формой и со стержнями, м².

Выбросы при изготовлении форм и стержней. Для форм и стержней в литейных цехах широко применяются песчаные самотвердеющие смеси: химически твердеющие (СО₂-процесс), пластичные самотвердеющие (ПСС), холоднотвердеющие (ХТС), быстрохолоднотвердеющие (БХТС), горячетвердеющие (ГТС), наливные самотвердеющие (НСС).

Для отверждения НСС используют соединения шестивалентного хрома (в частности, триоксид хрома, водный раствор которого представляет собой сильную хромовую кислоту). Триоксид хрома при температуре плавления (197°С) начинает диссоциировать и с повышением температуры его диссоциация резко возрастает. Соединения шестивалентного хрома очень вредны, поэтому их ПДК_{р.з} составляет 0,01 мг/м³.

Изготовление форм и стержней, связанное с продувкой углекислым газом, применением различных катализаторов и связующих на основе синтетических смол, вызывает дополнительные газовой выделения. Помимо окиси углерода и углекислого газа в атмосферу выносятся токсичные парогазовые смеси, включающие формальдегид, фуриловый и метиловый спирт, аммиак, серную кислоту и т.п. [1].

Степень загрязнения воздушной атмосферы токсичными веществами на некоторых участках литейных цехов, где для приготовления ХТС используется смола СФ-3042–2,5 и бензолсульфоокислота, приведена в таблице 1.7 [2].

Таблица 1.7 – Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м³

Вещество	ПДК, мг/м ³	Рабочая зона				
		оператора стержневой линии	стерженщика	у залитой металлической формы	в 3 м от залитой металлоформы	в кабине крановщика заливочного участка
Фенол	0,3	1/0,8	2,7/0,7	1,3	0/0,1	0,1/0
Формальдегид	0,5	0,3/0,2	0,9/0,2	не обнаружен		
Метиловый спирт	5,0	1,2/0,8	2,1/0,8	0,5/0,3	0,3/0,2	0,3/0
Бензол	5,0	–	–	7/30,8	1,1/2,6	0/10,2
Окись углерода	20	–	–	66/54,5	4/12	10,5/6,3

Примечание. В числителе даны значения для теплого периода года, в знаменателе – для холодного периода.

Интенсивность выделения вредных веществ (приведено к формальдегиду) при изготовлении стержней из холоднотвердеющей смеси в зависимости от связующего вещества (газовыделение отнесено к 1 дм² площади поверхности стержня) представлено в таблице Ж.1 – Ж.3 приложения Ж.

Основная доля газовыделения приходится на первые 20...30 мин отверждения, а максимальная скорость наблюдается, как правило, в момент окончания перемешивания смеси и начала отверждения. Следовательно, устройства местной вытяжной вентиляции должны в первую очередь обеспечивать удаление вредностей из рабочей зоны, где идет засыпка ящиков смесью и первичное отверждение стержней и форм (около 30 мин) [1].

Для сравнительной гигиенической оценки смесей с различными связующими используется интегральный показатель, учитывающий состав газов и ПДК каждого из его составляющих. С этой целью скорости выделения отдельных компонентов v_i приведены к скорости выделения формальдегида

$$v_i^{\text{ф}} = v_i \frac{\text{ПДК}_{\text{ф}}}{\text{ПДК}_i}, \quad (1.7)$$

где v_i – скорость выделения i -го компонента в пересчете на формальдегид. Тогда полная скорость газовыделения составляет

$$v = \sum_{i=1}^{i=n} v_i^{\phi}. \quad (1.8)$$

По данным таблицы 1.8 можно рассчитать v .

Таблица 1.8 – Скорость газовыделений при отверждении ХТС, мг/(кг·мин)

Вещество	Марка связующего			
	РСФ-3010	ФФ-1Ф	БС-40	УКС с фурфуроловым спиртом
Формальдегид	0,082/0,023	0,085/0,013	0,110/0,038	0,055/0,014
Метанол	0,190/0,076	0,360/0,110	2,900/0,980	6,700/2,500
Фенол	0,016/0,012	0,012/0,011	–	–
Фурфурол	–	0,022/0,010	0,012/0,004	0,031/0,008
Ацетон	6,900/2,420	–	–	–

Примечание. В числителе приведена максимальная скорость, в знаменателе – средняя скорость.

Газовыделения, рассчитанные по уравнениям 1.7 и 1.8, являются необходимыми исходными данными для проектирования вентиляции на стержневых и формовочных участках при применении ХТС с синтетическими смолами.

Газовыделение:

при заполнении ящиков смесью

$$Q_1 = q_1^{\phi} \rho \tau_1, \quad (1.9)$$

где q_1^{ϕ} – приведенное удельное газовыделение при заполнении ящиков смесью, мг/(кг·ч);

ρ – производительность смесителя, кг/ч;

τ_1 – время заполнения ящиков, ч;

при отверждении

$$Q_2 = q_2^{\phi} S \tau_2, \quad (1.10)$$

где q_2^{ϕ} – приведенное удельное газовыделение при отверждении, мг/(дм²·ч);

S – площадь открытой поверхности стержней (форм), находящихся одновременно в зоне отверждения, дм²;

τ_2 – время отверждения, ч.

$$S = 1,18\sqrt[3]{\rho_1^2}, \quad (1.11)$$

где ρ_1 – периметр открытой поверхности стержней (форм), находящихся одновременно в зоне отверждения.

Исходные данные для расчетов, полученные экспериментальным путем, приведены в таблице Ж.2 приложения Ж.

При изготовлении форм и стержней с тепловой сушкой и в нагреваемой оснастке загрязнение воздушной среды токсичными компонентами возможно на всех стадиях технологического процесса: при изготовлении смесей, отверждении стержней и форм и охлаждении стержней после извлечения из оснастки. Для предотвращения этого сушильные агрегаты, машины для изготовления стержней и форм, рабочие зоны, где они охлаждаются и обрабатываются, необходимо оборудовать местной вытяжной вентиляцией. Максимальное газовыделение приходится на первые 15 мин после начала отверждения. Используется метод расчета и оценки условной токсичности смесей, которая определяется по уравнению

$$T = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{v_i}{\text{ПДК}}, \quad (1.12)$$

где v_i^* – удельное количество вредного вещества за определенный промежуток времени, мг/кг.

Газовыделение и условная токсичность смесей, отверждаемых тепловой сушкой, представлены в таблице Ж.3 приложения Ж.

Приведенные в таблице Ж.3 приложения Ж данные позволяют всесторонне охарактеризовать токсичность различных смесей и пересчитать газовыделение Q , мг/ч для проектирования вентиляции в цехах по следующему уравнению

$$Q = v_i m P_0, \quad (1.13)$$

где m – масса стержня, кг;

P_0 – производительность стержневого оборудования, стержней/ч.

Смеси необходимо оценивать по составу и количеству выделяющихся вредных веществ с учетом их ПДК, а борьба с ними должна вестись не только средствами вентиляции, но путем совершенствования технологического процесса, например, снижения расхода связующего.

Выбросы при сушке форм и стержней. При сушке форм и стержней в сушиле выделяется, главным образом, окись углерода и сернистый газ (табл. К.1, прилож. К). Их количество зависит от вида сжигаемого топлива. Твердое топливо дает 200...250 г/кг окиси углерода и 15...20 г/кг сернистого газа, жидкое дает соответственно 30...50 г/кг и 40...60 г/кг. Наименьшие выделения наблюдаются при сжигании природного газа – всего 0,75 г/кг СО.

Выбросы при выполнении смесеприготовительных работ. В смесеприготовительных отделениях литейных цехов источниками пыли являются смесители. Выделяющаяся пыль насыщена парами сульфитного щелока, различных углеводородов и других органических примесей. Например, в цехе оболочкового литья с годовой программой 15 тыс. т от установки по приготовлению плакированной смеси воздушная среда загрязняется кварцевой пылью, превышающей ПДК в 4 раза. Так, количество отсасываемого воздуха от бегунов с горизонтальными и вертикальными катками достигает 3 тыс. м³/ч (при содержании пыли 7, 5 г/м³), от центробежных маятниковых бегунов – 15 тыс. м³/ч (40 г/м³), дисперсный состав пыли приведен в таблице Л.1 приложения Л.

Выбросы при операциях выбивки отливок. Операция выбивки отливок из опок – одна из наиболее вредных в литейном производстве. Она сопровождается значительным выделением пыли, газов, различных паров и высоким уровнем шума. Запыленность воздуха над выбивной решеткой при подвесных вытяжных зонтах составляет 2...7 кг/м³, а при боковых зонтах – 1,2...2,5 кг/м³. Объем воздуха, отсасываемого с 1 м² площади решетки, колеблется в пределах 6...10 тыс. м³/ч, дисперсный состав пыли, выделяющейся от выбивных решеток различных конструкций приведен в таблице М.1 приложения М.

От участков выбивки отливок на 1 м² площади решетки выделяется до 45...60 кг/ч пыли, 5...6 кг/ч оксида углерода, до 3 кг/ч аммиака.

Выбросы при операциях обрубки и очистки литья. Большое количество пыли образуется в отделении обрубки и очистки литья. При обрубке концентрация ее в воздухе достигает 6...8 г/м³, а в непосредственной близости от обрабатываемых отливок – 20 г/м³. Дисперсный состав пыли представлен в таблице 1.9 [3].

Таблица 1.9 – Дисперсный состав пыли, образующейся при обрубке

Параметр	Состав пыли			
	до 2	2...5	5...10	более 10
Диаметр частиц, мкм	до 2	2...5	5...10	более 10
Содержание фракций, %	90...32	4,9...5,2	2,7...1,8	2,4...1,0

Концентрация пыли в воздухе рабочей зоны и удельные выбросы пыли при различных способах очистки отливок приведены в таблице Н.1 приложения Н.

Повышенными вредными выделениями отличаются также следующие участки литейных цехов: **подготовки шихтовых материалов** (запыленность воздуха достигает 5...15 г/м³), **термической обработки, грунтовки и окраски отливок**.

Вентиляционный воздух, выбрасываемый от участков термической обработки, обычно загрязнен парами и продуктами горения масла, аммиаком, циановодородом и другими веществами, поступающими в систему местной вытяжной вентиляции от ванн и агрегатов для термической обработки. Источниками загрязнений на участках термической обработки являются нагревательные печи, работающие на жидком и газообразном топливе, а также дробеструйные и дробеметные камеры.

Для определения массы выделений вредных веществ от пламенных нагревательных печей целесообразно пользоваться удельными показателями по выбросам, приведенным к единице массы (т) или объема (м³) сжигаемого топлива (табл. 1.10) [3].

Таблица 1.10 – Вредные вещества, выделяющиеся в атмосферу от пламенных нагревательных печей

Вид топлива	Вещества, содержащиеся в газовоздушных выбросах при использовании жидкого топлива, кг/т, и при использовании газообразного топлива, кг/тыс. м ³				
	Пыль	Оксиды азота	Диоксид серы	Оксид углерода	Углеводороды
Мазут	1,2	12,4	19	$4,8 \cdot 10^{-3}$	0,38
Природный газ	$2,4 \cdot 10^{-3}$	6,24	–	Следы	Следы

Концентрация пыли в воздухе, удаляемом из дробеструйных и дробеметных камер, где металл очищается после термической обработки, достигает 2...7 г/м³. При закалке и отпуске деталей в масляных ваннах в отводимом от ванн воздухе содержится до 1% паров масла от массы металла. При цианировании выделяется до 6 г/ч циановодорода на один агрегат цианирования.

На участках окраски токсичные вещества выделяются при обезжиривании поверхностей органическими растворителями перед окраской, подготовке лакокрасочных материалов, нанесении их на поверхность изделий и сушке покрытия. Воздух, удаляемый вентиляционными отсосами от окрасочных камер, напольных решеток, сушильных установок и других устройств, всегда загрязнен парами растворителей, а при окраске распылением, кроме того, окрасочным аэрозолем. При окраске изделий порошковыми полимерными материалами в вентиляционном воздухе содержится пыль.

Концентрация вредных веществ в вентиляционных выбросах, удаляемых от мест окраски, зависит от состава и расхода лакокрасочных материалов, способа их нанесения на окрашиваемую поверхность, устройства вентиляции, окрасочного оборудования, метода окрашивания. В вентиляционных выбросах участков окраски могут содержаться окрасочный аэрозоль (до 1 мг/м³) и пары растворителей (до 10 г/м³).

Масса паров растворителей, выбрасываемых в атмосферу от окрасочного и сушильного оборудования [4], может быть определена по формуле

$$m = m_1 k_1 k_2 k_3 (1 - \eta_p), \quad (1.14)$$

где m_1 – расход лакокрасочных материалов, г/ч;

k_1 – доля растворителей в лакокрасочных материалах (при покрытии лаком в лакокрасочных машинах k_1 равен 0,6 и 0,8 соответственно для металлических и деревянных изделий);

k_2 – коэффициент, учитывающий количество выделяющегося растворителя из лакокрасочного материала за время окраски и сушки (для камер окраски распылением $k_2 = 0,3$, для сушильных установок $0,7$);

k_3 – коэффициент, учитывающий поступление паров растворителей в рабочую зону (обычно $2...3\%$);

η_p – эффективность улавливания паров растворителей в системе очистки вентиляционных выбросов (для гидрофильтров $0,3...0,35$).

Масса выбросов аэрозолей от окрасочного оборудования с вентиляционным воздухом в атмосферу рассчитывается по формуле

$$m = m_1 k_4 k_5 (1 - \eta_p), \quad (1.15)$$

где k_4 – доля лакокрасочных материалов, расходуемых на образование окрасочного аэрозоля (зависит от способа распыления краски);

k_5 – коэффициент, учитывающий поступление окрасочного аэрозоля в рабочую зону; $k_5 = k_3$;

η_p – эффективность улавливания окрасочного аэрозоля гидрофильтрами, обычно $0,92...0,98$.

Значения k_1 и k_4 для различных способов окраски металлических изделий приведено в таблице 1.11 [4].

Таблица 1.11 – Значения коэффициентов k_1 и k_4 для различных способов окраски металлических изделий

Способ окраски	k_1	k_4
Распыление:		
пневматическое	0,40	0,30
безвоздушное	0,22	0,25
Электроосаждение	0,10	–
Окунание	0,35	–
Струйный облив	0,25	–

1.3 Физические опасные и вредные производственные факторы

1.3.1 Теплота

Избыточное выделение тепла осуществляется основным технологическим оборудованием – плавильными агрегатами и составляет от 14 до 62 % от общего расхода тепла на расплавление металла, так при расплавке металла выделяется около 3000 МДж тепла на тонну металла.

Действие избыточной теплоты на организм человека. Интенсивность теплового потока на ряде рабочих мест достигает высоких значений. Известно,

что интенсивность теплового потока менее $0,7 \text{ кВт/м}^2$ не вызывает неприятного ощущения, если действует в течение нескольких минут, а свыше $3,5 \text{ кВт/м}^2$ уже через 2 сек вызывает жжение. Кроме того, воздействие теплового потока на организм человека зависит от спектральной характеристики излучения. Наибольшей проникающей способностью в организме обладают инфракрасные лучи с длиной волны до 1,5 мкм (не поглощаются кожным покровом), а на кожу наиболее резко действуют лучи с длиной волны свыше 1,5 до 3 мкм.

Количество теплоты, выделяющейся на различных участках литейных цехов, представлено в таблице 1.12 [2]. Оптимальные и допустимые нормы параметров микроклимата в производственных помещениях представлены в ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» и ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату».

Мероприятия по защите от тепловых излучений. При разработке мер, направленных на нормализацию тепловых излучений на рабочих местах необходимо:

- привести справочные данные или рассчитать интенсивность теплового потока на рабочих местах, которые расположены близ источников тепловых излучений;
- сравнить полученные результаты с гигиеническими требованиями относительно теплового излучения на рабочих местах;
- разработать мероприятия, направленные на уменьшение интенсивности теплового потока технологическими путями или с использованием вентиляции;
- рассчитать, при необходимости, теплозащитный экран для наиболее интенсивного источника излучения.

Таблица 1.12 – Количество теплоты, выделяемой на различных участках конвейерных литейных цехов, МДж на 1 т заливаемого металла

Источник выделения теплоты	При подаче с выбивки на очистку горячих отливок		При остывании на участке выбивки отливок	
	мелких	средних	мелких	средних
Участок заливки	84	126	84	126
Охладительный кожух	63	63	63	63
Участок выбивки	63	84	126	168
Участок очистки отливок	105	147	42	63
Горелая смесь	105	147	105	147

Данные по интенсивности теплового потока на рабочих местах в литейных цехах приведенные в литературе [2]. Интенсивность для случаев, которые не отражены в литературе, можно рассчитать по формулам:

$$q = 3,26 \cdot F \left[\left(\frac{T}{100} \right)^4 - 110 \right] \frac{1}{l^2} \quad \text{при } \frac{1}{F} \geq 1, \quad (1.16)$$

$$q = 3,26 \cdot \sqrt{F} \left[\left(\frac{T}{100} \right)^4 - 110 \right] \frac{1}{l} \quad \text{при } \frac{1}{F} < 1, \quad (1.17)$$

где q – интенсивность теплового потока, Вт/м²;

F – площадь поверхности, которая излучает, м²;

T – температура поверхности, которая излучает, К;

l – расстояние от центра поверхности, которая излучает, к объекту, который подлeжит облучению, г.

Гигиеничные требования к тепловому излучению на рабочих местах зависят от:

- стажа работы в цехе;
- времени влияния теплового потока;
- температуры источника тепла;
- температуры воздуха на рабочем месте.

1.3.2 Шум в литейных цехах

Технологии производства получения отливок предполагают использование крупных и сложных технологических комплексов, работа которых сопровождается интенсивным шумом. Это в значительной степени усложняет условия труда и отрицательно влияет на работоспособность персонала, обслуживающего технологические комплексы.

Наибольшие уровни шума характерны для участков формовки, выбивки отливок, зачистки, обрубки и некоторых других.

Для обеспечения нормальных условий труда на рабочих местах с повышенным уровнем шума необходимо внедрение технических решений, шумозащитных материалов и конструкций, обеспечивающих снижение уровня звукового давления до нормативного значения.

Действие шума на организм человека. Шум как акустическое явление воздействует не только на органы слуха. Он может вызывать и другие недуги, например, опухоли желудка, кишечника, нарушение кровообращения, сужение сосудов и др. Воздействуя на центральную нервную систему, шум влияет на жизнедеятельность организма: повышается артериальное давление, замедляется психическая реакция и, следовательно, снижается производительность труда, возрастает опасность производственного травматизма. Вредный для здоровья предел уровня громкости составляет 80 дБА (при длительном воздействии), звук громкостью 130 дБА вызывает у человека болевые ощущения, 155 дБА – ожоги, громкость 180 дБА – смертельна [1].

Вредное воздействие на человеческий организм шум оказывает не сразу, а спустя определенное время.

В результате длительного воздействия производственного шума высокого уровня на человека производительность труда в ряде случаев снижается на 60 %, число ошибок в расчетных работах увеличивается более чем на 50 %.

Если уровень шума в производственных зонах превышает, нормы все работающие должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты и должны быть предприняты меры по ограничению уровня шума.

В литейных цехах много зон повышенного шума: шихтовые отделения при разгрузке, наборе и взвешивании шихты; плавильные отделения, оборудованные электродуговыми печами; формовочные и стержневые отделения при работе встряхивающих машин; отделения обрубки и очистки литья. Уровень шума в последних достигает 120 дБА.

В зависимости от среды, в которой распространяется звук, он условно подразделяется на структурный (распространяется в инженерных конструкциях и сооружениях) и воздушный (излучается непосредственно в воздух).

Физические характеристики шума. Шум как физический фактор представляет собой волнообразно распространяющееся механическое колебательное движение упругой среды. Физические характеристики шума определяются в соответствии с ГОСТ 12.1.003-86 ССБТ «Шум. Общие требования безопасности».

Основными характеристиками шума являются:

- интенсивность (сила звука) I , Вт/м²;
- звуковое давление P , Н/м², Па;
- мощность звука N , Вт.
- уровень интенсивности звука, дБ, рассчитывается по формуле

$$L_I = 10 \lg \frac{I}{I_0}, \quad (1.18)$$

- уровень звукового давления, дБ, рассчитывается по формуле

$$L_P = 20 \lg \frac{P}{P_0}, \quad (1.19)$$

- уровень звуковой мощности, дБ, рассчитывается по формуле

$$L_N = 10 \lg \frac{N}{N_0}, \quad (1.20)$$

где I , P , N – фактические значения интенсивности звука, звукового давления и мощности звука, соответственно;

I_0 – интенсивность звука на пороге слышимости, 10^{-12} Вт/м²;

P_0 – звуковое давление, при котором два звука еще можно различить, $2 \cdot 10^{-5}$ Па при частоте 1000 Гц;

N_0 – мощность звука на пороге слышимости, 10^{-12} Вт.

– частота звука f , Гц. Звуковой диапазон частот делится на три области, Гц: низкочастотную (16 – 400), среднечастотную (400 – 1000) и высокочастотную (свыше 1000).

При анализе шума звуковой спектр (звуковой диапазон частот) разбивают на **октавные полосы** (октавы). **Октава** – часть звукового спектра, для которой выполняется соотношение: частота верхняя, f_B , равна удвоенной частоте нижней, f_H . Относительно значений среднегеометрических частот октавных полос осуществляют нормирование уровней звукового давления. Среднегеометрическая частота определяется по формуле

$$f_{\text{ср.геом}} = \sqrt{f_H f_B}, \quad (1.21)$$

где $f_{\text{ср.геом}}$ – среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц;

f_H – нижняя частота октавы, Гц;

f_B – верхняя частота октавы, Гц.

– фактор направленности Φ , показывает во сколько раз фактическое значение интенсивности шума отличается от среднего значения его интенсивности (рис. 1.1), рассчитывается по формуле

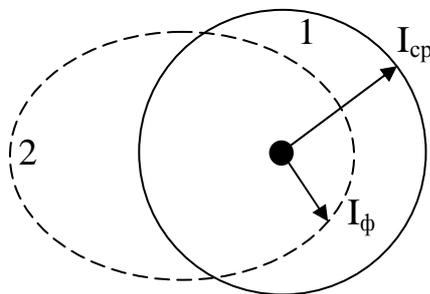
$$\Phi = I_\Phi / I_{\text{ср}}, \quad (1.22)$$

где I_Φ – фактическое значение интенсивности, Вт/м²;

$I_{\text{ср}}$ – среднее значение интенсивности, Вт/м².

– показатель направленности G , дБ, рассчитывается по формуле

$$G = 10 \lg \Phi \quad (1.23)$$



1 – теоретическая область распространения шума от источника шума;

2 – область распространения шума с учетом экранирования

Рисунок 1.1 – Распространение шума от источника шума теоретическое и с учетом экранирования

Классификация шума

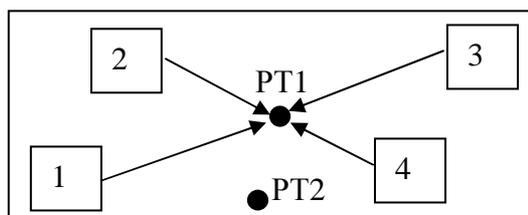
По **характеру спектра** шум делят на:

- *широкополосный* (шум характеризуется непрерывным спектром, охватывающим более чем одну октаву);
- *тональный* (шум одного тона).

По **временным характеристикам** шумы подразделяются на такие:

- *постоянные*, когда уровень звука изменяется не более чем на 5 дБ;
- *непостоянные*: колеблющиеся (уровень звука непрерывно меняется во времени), прерывистые (уровень звука резко падает до уровня фонового шума, длительность звука более 1 с), импульсные (состоят из одного или нескольких звуковых сигналов длительностью звука менее 1 с, действуют отрицательно как и тональный звук).

Методы акустических расчетов. Акустические расчеты проводят при проектировании рабочих мест в производственном помещении. Данные расчеты заключаются в определении уровня звукового давления в расчетных точках (РТ) (рис. 1.2).



1–4 – источники шума в цехе; РТ 1 – расчетная точка в зоне прямого звука;
РТ 2 – расчетная точка в зоне отраженного звука

Рисунок 1.2 – Схема взаимного расположения источников шума и расчетных точек

В паспортных данных оборудования приведена звуковая мощность и величина фактора направленности. Область распространения звука полусфера, площадь которой рассчитывается по формуле

$$S = 2\pi r^2, \quad (1.24)$$

где S – площадь полусферы, m^2 ;
 r – радиус полусферы, m .

Интенсивность звука рассчитывают согласно уравнению

$$I = \frac{N \Phi}{2\pi r^2 K}, \quad (1.25)$$

где N – мощность звука, Вт; –
 Φ – фактор направленности;
 K – коэффициент, учитывающий затухание шума за счет преодоления препятствий; $K = 1$, если $r \leq 50$ м.

Если выражение (1.25) разделить на I_0 , прологарифмировать, умножить на 10, то получим уравнение

$$10\lg \frac{I}{I_0} = 10\lg \frac{N}{I_0 1\text{м}^2} + 10\lg \Phi - 10\lg 2\pi r^2 - 10\lg K. \quad (1.26)$$

На основании формулы 1.26 очевидно, что определение уровня шума в расчетной точке для прямого звука возможно по формуле

$$L_I = L_N + G - 10\lg(2\pi r^2) - \Delta L, \quad (1.27)$$

где L_I – уровень интенсивности звука, дБ;
 L_N – уровень мощности звука, дБ;
 G – показатель направленности, дБ;
 ΔL – затухание звука, дБ, за счет преодоления различных препятствий, при отсутствии препятствий на пути распространения шума и небольших расстояниях равно нулю.

Суммирование уровней звука в расчетной точке от нескольких источников шума осуществляется по формуле

$$L = 10\lg \left(\sum_{i=1}^{i=n} 10^{0.1L_i} \right). \quad (1.28)$$

Если источники равношумящие, то формула (1.28) упрощается

$$\sum L = L_1 + 10 \lg n, \quad (1.29)$$

где n – количество равношумящих источников;

L_1 – уровень интенсивности одного из равношумящих источников, дБ.

Нормирование уровней шума. Нормирование шума осуществляется в соответствии с ГОСТ 12.1.003-86 ССБТ «Шум. Общие требования безопасности» и ДСН 3.3.6.037-99 «Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».

Нормы на уровни шума зависят от выполняемой работы и частоты звука (нормативные уровни звука при тональном и импульсном шуме должны снижаться на 5 дБ).

Совокупность 9 нормативных уровней (ПДУ) называется предельным спектром (ПС), № которого равен ПДУ со среднегеометрической частотой 1000 Гц.

Для рабочих мест в производстве ПС имеет № 75, для рабочих мест с речевой связью ПС имеет № 60. Нормативные значения уровней шума относительно среднегеометрических значений октавных полос представлены в таблице П.1 приложения П.

В тех случаях, когда уровень шума невозможно измерить или нормировать в отдельных октавных полосах, нормирование осуществляется в эквивалентных уровнях звука L_A , дБА.

$$L_{дБА} = \text{№ ПС} + 5 \quad (1.30)$$

В случае, когда отдельные частоты не выделяются, уровень шума в дБА измеряется шумомером на диапазоне А, который моделирует, в определенной степени, субъективное восприятие шума человеческим ухом (осуществляется интегральная оценка). Более объективно замеряются высокие звуки (частоты), низкие частоты замеряются не столь точно.

Мероприятия по защите от шума. При разработке технологических процессов, проектировании, изготовлении и эксплуатации машин, а также при организации рабочих мест необходимо осуществлять все необходимые мероприятия по снижению шума до значений, не превышающих допустимых норм.

В таблице Р. 1 приложения Р приведены характеристики уровней звуковой мощности для некоторого оборудования литейных цехов. Анализ этих данных показывает, что наиболее шумоопасным оборудованием в литейных цехах являются формовочные машины, выбивные решетки, пластовые мельницы, очистительные барабаны, пескометы, вибрационные сита и трамбовки.

Исходя из шумовых характеристик оборудования, выбранного для цеха или участка, и с учетом его расположения в производственном помещении, необходимо составить шумовую карту, которая имеет вид, представленный на рисунке 1.3.

Если известна звуковая мощность оборудования L_N , то уровень шума L от этого оборудования в расчетной точке, отдаленной от него на расстояние r , м, можно определить с помощью упрощенной формулы 1.31, которая не учитывает фактор направленности шума и затухание шума вследствие преодоления шумом препятствий

$$L = L_N - 10 \lg(2\pi r^2). \quad (1.31)$$

Суммарный уровень шума в расчетной точке от нескольких единиц оборудования, дБ, рассчитывается по формуле (1.28).

Если уровень шума на рабочих местах будет превышать нормативные значения, необходимо предусмотреть мероприятия по защите от шума, внести изменения в технологический процесс или пересмотреть виды оборудования.

Для выполнения шумовой карты необходимо избрать расчетные точки, определить в них уровни звука, исходя из которых, выделить шумовые зоны в цехе.

При планировке литейных цехов необходимо предусматривать максимально возможное в пределах одного здания удаление участков с интенсивными источниками шума от расчетной точки. Чтобы уменьшить воздействие шума на работающего, в помещении применяют кабины наблюдения, дистанционного управления и специальные боксы, где размещают оборудование. Для отдыха обслуживающего персонала устраивают зоны, в которых потолки и стены покрывают звукопоглощающими материалами. Если установленное в цехе оборудование издает шум, превышающий допустимые нормы, его помещают в отдельных звукопоглощающих боксах или камерах, покрывают звукоизолирующими кожухами или устанавливают акустические экраны.

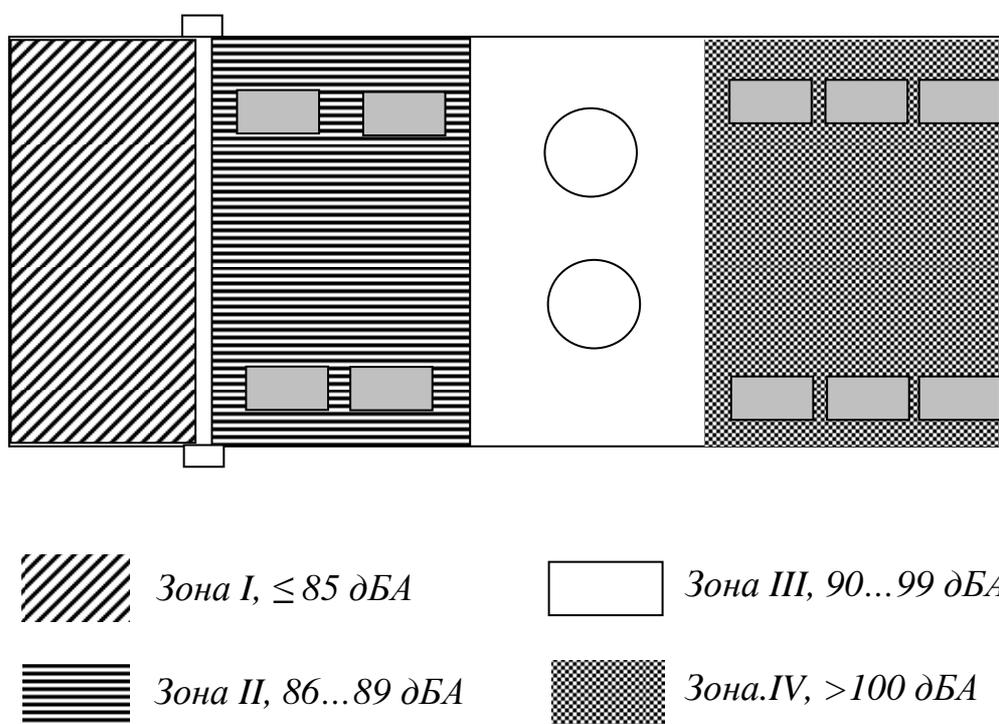


Рисунок 1.3 – Шумовая карта производственного помещения

Уменьшение шума в источниках его возникновения. Этот метод наряду с правильной планировкой литейного цеха является основным. Он заключается в качественном монтаже, правильной эксплуатации оборудования, своевременном проведении планово-предупредительных ремонтов.

Планирование мероприятий должно производиться на основании анализа технологического состояния оборудования и исследования спектров шума на рабочих местах и в целом на производственном участке. Следует отказаться

от применения оборудования и процессов, являющихся источниками повышенного шума, и заменить их новыми, более прогрессивными. Например, изготовление литейных жидких самотвердеющих смесей позволило отказаться от ручных пневматических трамбовок и другого шумного литейного оборудования. В зоне удаления земли после литья можно использовать электрогидравлический метод очистки, который по своим технологическим характеристикам обеспечивает не только высокую производительность и экономический эффект, но и значительно улучшает условия труда на обрубном участке. Использование газопламенного строгания и фрезерования вместо пневматической зачистки и обработки сварных швов отливок дает возможность снизить уровни шума на рабочих местах на 6...11 дБА.

Звукопоглощающие кожухи. Один из простых и дешевых способов снижения шума – устройство звукоизолирующих кожухов, полностью закрывающих шумные агрегаты. Благодаря этому способу шум в расчетных точках (рабочие места обслуживающего персонала) значительно снижается.

Кожухи могут быть съемными или разборными. При необходимости в них делают смотровые окна, открывающиеся дверцы-люки, проемы для подвода различных коммуникаций. Однако все перечисленные элементы должны быть выполнены таким образом, чтобы обеспечить такую же эффективность звукопоглощения, как и при сплошном кожухе.

Изготавливают кожухи из стальных листов толщиной 1,5...2 мм, алюминиевых листов толщиной 2...3 мм; из стеклопластика толщиной 3...5 мм, фанеры и других листовых материалов, способных обеспечить пожарную безопасность и технологическую возможность производства. Внутри кожух должен быть облицован звукопоглощающим материалом (минеральное или стеклянное волокно), минимальный слой которого после окончательного закрепления должен составлять 40...50 мм.

Акустические экраны. Они дают относительно низкое ослабление шума в определенных направлениях и действуют за счет эффекта отражения волн на преградах и рассеянии звука на звукопоглощающих поверхностях со специальным покрытием. Экспериментально установлено, что в особо благоприятных условиях экраны обеспечивают снижение уровня шума на 10...15 дБ.

Акустические экраны целесообразно устанавливать, когда в расчетной точке уровень звукового давления прямого звука от рассматриваемого источника существенно выше, чем от соседних.

Экранирующие устройства должны быть немассивными, непроницаемыми, достаточно прочными и устойчивыми против различных метеорологических воздействий. Их изготавливают из строительных материалов: тонкого листового металла, пиломатериалов, кирпича, асбоцемента. Экраны выполняют в виде: каркасов из металлических профилей, облицованных звукопоглощающими плитами; жалюзи, элементы которых покрыты специальным материалом; акустических занавесов, изготавливаемых из тяжелых звуконепроницаемых матов.

В промышленной звукоизоляции применяются также стрингерные (состоящие из листового металла, на поверхности которого закреплены ребра жесткости – стрингеры) и сотовые конструкции.

Звукоизоляция стрингерных панелей в интервале частот 63...8000 Гц может достигать 20...30 дБ.

Металлические сотовые конструкции – сотовый наполнитель, распределенный между листовым металлом, эффективно снижает звуковое давление. В зависимости от размера ячейки наполнителя звукоизоляция такой конструкции в интервале частот 63...8000 Гц может достигать 40 дБ.

Например, шумозаглушающими конструкциями должны быть оборудованы барабаны для очистки отливок от формовочной земли (расчет и проектирование данных конструкций приведены в [2]). Для предотвращения проникновения шума с участка обработки отливок пневмозубилами и наждачными кругами необходимо этот участок отделить от другой части литейного цеха экраном, имеющим звукопоглощающую облицовку [2]. Высота экрана должна быть не менее 3 м. Необходимо также предусмотреть средства индивидуальной защиты.

В некоторых случаях при очень высоких уровнях шума, рациональным является изоляция рабочего места, так на рабочем месте операторов пескомета и электропечи необходимо устанавливать пульта управления в звукоизолирующих кабинах [2].

Акустическая обработка помещений. Акустическая обработка заключается в установке звукопоглощающих облицовок и штучных звукопоглотителей для уменьшения интенсивности отраженных звуковых волн.

Выбор конструкции звукопоглощающей облицовки должен производиться не только для максимального снижения шума в какой-либо активной полосе, но и для обеспечения работоспособности облицовки в конкретных производственных условиях. Такие облицовки устанавливают на потолке и стенах. Площадь облицованных поверхностей должна составлять не менее половины общей площади ограничивающих помещение поверхностей [1].

1.3.3 Вибрация в литейных цехах

Источниками общей вибраций в литейных цехах являются ударные действия выбивных решеток, пневматические формовочные, центробежные и другие машины, приводящие к сотрясению пола и других конструктивных элементов здания, а источниками локальной вибрации – пневматические рубильные молотки, трамбовки и т.д. Параметры общей и локальной вибрации регламентируются ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ «Вибрационная безопасность. Общие требования» и ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації».

Вибрация возникает от силовых неуравновешенных воздействий. Различают **общую вибрацию**, которая передается через ступни ног, и **местную вибрацию**, которая передается при контакте рук с вибрирующим инструментом, а если человек сидит, то через корпус туловища.

Действие вибрации на организм человека. В результате действия вибрации на организм человека возникают профзаболевания: виброболезнь, неврит. Основными жалобами являются головная боль, бессонница, нарушение вестибулярного аппарата, повышенная утомляемость, нервно-сосудистые заболевания.

При локальной вибрации возникают изменения в костно-суставном аппарате, спазм сосудов конечностей.

Если на человека воздействуют совместные типы вибраций, то возникают гастриты, желудочно-кишечные заболевания, сердечно-сосудистые заболевания.

Общая вибрация наиболее неблагоприятна на резонансных с организмом частотах (6–9 Гц – собственная частота). Вибрация головы относительно плеч 17–25 Гц. При 6–9 Гц может произойти обрыв плевры. Колебания частотой 17–25 Гц дает бурильный молоток.

Нормирование вибрации. Нормирование вибрации осуществляется согласно ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ «Вибрационная безопасность. Общие требования». Гигиеническую оценку вибрации дают в соответствии с ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації».

Величинами, которые нормируются, является виброскорость v , м/с (при v_{480} человек может работать весь рабочий день) и уровень вибрации L_v , дБ. Уровень вибрации рассчитывается по формуле

$$L_v = 20 \lg v/v_0, \quad (1.32)$$

где v , v_0 – фактическая виброскорость и опорная виброскорость соответственно, м/с; $v_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ м/с.

Допустимые уровни вибрации приведены в таблице 1.13.

При действии вибрации не полную смену нормативные значения могут увеличиваться и рассчитываются по формуле

$$v_t = v_{480} \sqrt{\frac{480}{t}}, \quad (1.33)$$

где t – время воздействия вибрации за смену, мин.

Таблица 1.13 – Допустимые уровни вибрации

Вид вибрации	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Общая вибрация	$\frac{1,3}{108}$	$\frac{0,45}{99}$	$\frac{0,22}{93}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	–	–	–	–
Локальная вибрация	–	–	$\frac{2,8}{115}$	$\frac{1,4}{109}$						

Примечание. В числителе – v_{480} , м/с $\cdot 10^{-2}$, в знаменателе – уровень вибрации L_v , дБ.

Максимальное значение v_t не должно превышать значений, соответствующих для общей вибрации при времени воздействия t равном 10 мин. Для локальной вибрации – не более, чем при времени воздействия t равном 30 мин.

Мероприятия по снижению вибрации. Основными мерами снижения вибрации являются:

- снижение вибрации в ее источнике путем совершенствования конструкций машин и техпроцессов;

- балансировка оборудования;

- использование гидроприводов;

- отстройка от режима резонанса. Это достигается изменением характеристик систем, например, массы или жесткости, в этом случае предусматриваются ребра, утолщение конструкций; установкой нового режима работы, например, изменение частоты вращения и др.;

- виброгашение, что предполагает уменьшение уровня вибрации, путем введения в систему дополнительных реактивных сопротивлений или установкой оборудования на специальные изолирующие фундаменты с амплитудой A , равной 0,1–0,2 мм, применением виброгасителей.

- вибродемпфирование. Данная мера заключается в превращении энергии виброколебаний в другие виды энергии, например, в тепловую (при этом используют материалы с большим коэффициентом внутреннего трения) или в энергию токов Фуко или в энергию электромагнитного поля;

- виброизоляция, т. е. уменьшение уровня вибрации путем уменьшения передачи колебаний от источника вибрации за счет введения упругой связи, например, установка оборудования на амортизаторы.

- соблюдение оптимального режима работы (длительность работы в условиях вибрации должна быть не более 2/3 от продолжительности рабочей смены, продолжительность обеденного перерыва не менее 40 мин, дополнительные перерывы через 1–2 часа работы);

- прохождение обязательных регулярных медосмотров один раз в год, соблюдение различных гигиенических мероприятий;

- использование индивидуальных средств защиты, к которым относятся специальные рукавицы, накладки при работе с виброинструментом, специальная обувь для защиты от общей вибрации.

1.3.4 Ультразвук

Ультразвук – это колебания с частотой $f \geq 20$ кГц.

Ультразвук в литейных цехах применяется для обработки жидких расплавов, очистки отливок, а также в установках и системах очистки газов. Для этого

используют генераторы с диапазоном частот 18-22 кГц. Уровень ультразвука необходимо контролировать.

Действие ультразвука на организм человека. Действие ультразвука похоже на действие шума. Реакция организма наблюдается в день воздействия и на 3-5-й день облучения. Воздействие ультразвука проявляется в учащении пульса, урежении дыхания. Особенно опасным является контактное воздействие через жидкую или твердую фазы. Ультразвук может вызывать кавитацию крови (разрушение протоплазмы крови).

Нормирование ультразвука. Нормирование ультразвука начинается с 11,2 кГц. Это связано с тем, что при работе промышленных установок возникает унтертон на частоте 1/2 рабочей, он помещается в звуковой диапазон.

Низкочастотный ультразвук относится к диапазону 11,2 – 100 кГц, высокочастотный ультразвук – к диапазону > 100 кГц.

Нормирование ультразвука производится согласно ГОСТ 12.1.001-89 ССБТ «Ультразвук. Общие требования безопасности». Допустимые уровни ультразвукового давления должны учитываться при проектировании ультразвукового оборудования (табл. 1.14).

Таблица 1.14 – нормирование уровней ультразвука относительно среднегеометрических частот

Среднегеометрическая частота, f кГц	12,5	16	20	25	31,5-100
Нормируемый уровень звука, дБ	80	90	100	105	110

Мероприятия по защите от ультразвука. Для эффективной борьбы с ультразвуком оборудования необходимо знать акустическую мощность излучения, т.е. генерируемую мощность.

Основными методами защиты от ультразвука являются:

- повышение рабочей частоты;
- снижение ультразвука в источнике;
- устройство звукоизолирующих кожухов или экранов;
- исключение контакта рук рабочих с обрабатываемыми деталями, жидкостью, источниками ультразвука (автоматизация, блокировки, механизация);
- расположение технологических ультразвуковых устройств в звукоизолирующих кабинах.

1.3.5 Электромагнитные поля и излучения

Электромагнитные поля в литейных цехах генерируются электротермическими установками для плавки и нагрева металла, сушки форм и стержней

и др. Требования к размещению высокочастотных установок указаны в «Правилах безопасности при эксплуатации электротермических установок повышенной и высокой частоты».

Таблица 1.15 – Классификация диапазонов ЭМП

Диапазон волновой	Длина волны, λ , м	Частотный диапазон, f, Гц	
Длинные	10000...1000	$3 \cdot 10^4 \dots 3 \cdot 10^5$	ВЧ
Средние	1000...100	$3 \cdot 10^5 \dots 3 \cdot 10^6$	
Короткие	100...10	$3 \cdot 10^6 \dots 3 \cdot 10^7$	УВЧ
Ультракороткие (УКВ)	10...1	$3 \cdot 10^7 \dots 3 \cdot 10^8$	
дм	1...0,1	$3 \cdot 10^8 \dots 3 \cdot 10^9$	СВЧ
см	0,1...0,01	$3 \cdot 10^9 \dots 3 \cdot 10^{10}$	
мм	0,01...0,001	$3 \cdot 10^{10} \dots 3 \cdot 10^{11}$	

Действие электромагнитных излучений на организм человека. Наиболее чувствителен организм человека к воздействию СВЧ. Последствия чаще всего обратимы, если длительность работы не более 5 лет.

Различают следующие виды воздействия СВЧ:

- тепловое (поглощение энергии и разогрев тканей, используется в медицине);
- морфологическое (существенные изменения в печени, почках);
- функциональное (боли в области сердца, изменение артериального давления и пульса, снижение частоты сердечных сокращений; на диапазоне СВЧ возможна катаракта и трофические явления: выпадение волос, ломкость ногтей, сухость кожи).

Влияние на организм человека УВЧ. При воздействии излучения в диапазоне УВЧ поглощение энергии происходит локально, затем в больное место поступает кровь и вымывает продукты распада.

Количественные характеристики. На диапазонах ВЧ и УВЧ основными характеристиками являются напряженность электрического поля, E , В/м и напряженность магнитного поля, H , А/м.

Опасной величиной является напряженность магнитного поля, H , которая составляет 150 – 200 А/м (приводит к тепловому разогреву).

Для СВЧ нормируется плотность потока мощности энергии (ППЭ), Вт/м² (табл. 1.16). Опасной величиной является плотность потока мощностью энергии более 100 Вт/м².

Таблица 1.16 – Нормирование в диапазоне СВЧ

ППЭ, Вт/м ²	Время пребывания, мин	Примечание
До 0,1	Весь рабочий день	–
До 1	2 часа	Ост. время 0,1 Вт/м ²
До 10*	10 мин	– «–

Примечание. *Обязательное пользование защитными очками.

Нормы регламентируются ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ «Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля». Предельно допустимые значения E и H в диапазоне частот 60 кГц – 300 МГц на рабочих местах персонала определяют исходя из допустимой энергетической нагрузки и времени воздействия по формулам

$$E_{п.д} = \sqrt{\frac{\text{ЭН}_{E_{п.д}}}{t}}, \quad (1.34)$$

$$H_{п.д} = \sqrt{\frac{\text{ЭН}_{H_{п.д}}}{t}}, \quad (1.35)$$

где $E_{п.д}$ – предельно допустимая напряженность электрического поля, В/м;

$H_{п.д}$ – предельно допустимая напряженность магнитного поля, А/м;

$\text{ЭН}_{E_{п.д}}$ – предельно допустимое значение энергетической нагрузки в течение рабочего дня, $(\text{В/м})^2 \cdot \text{ч}$;

$\text{ЭН}_{H_{п.д}}$ – предельно допустимое значение энергетической нагрузки в течение рабочего дня, $(\text{А/м})^2 \cdot \text{ч}$;

t – время воздействия, ч.

Максимальные значения $E_{п.д}$, $H_{п.д}$, $\text{ЭН}_{E_{п.д}}$, $\text{ЭН}_{H_{п.д}}$ приведены в таблице 1.17.

Таблица 1.17 – Значения энергетической нагрузки

Параметр	Частота, МГц		
	0,06...3	3...30	30...300
$E_{п.д}$, В/м	500	300	80
$H_{п.д}$, А/м	50	–	–
$\text{ЭН}_{E_{п.д}}$, $(\text{В/м})^2 \cdot \text{ч}$	20000	7000	800
$\text{ЭН}_{H_{п.д}}$, $(\text{А/м})^2 \cdot \text{ч}$	200	–	–

Одновременное воздействие электрического и магнитного полей в диапазоне частот от 0,06 до 3 МГц следует считать допустимым при условии

$$\frac{\text{ЭН}_E}{\text{ЭН}_{E_{п.д}}} + \frac{\text{ЭН}_H}{\text{ЭН}_{H_{п.д}}} \leq 1, \quad (1.36)$$

где ЭН_E и ЭН_H – энергетические нагрузки, характеризующие воздействия электрического и магнитного полей.

Методы защиты от электромагнитных полей и излучений:

– уменьшение мощности излучения в самом источнике;

– защита временем. Допустимое время воздействия излучения определяется из формул

$$t_{\text{доп}} = \frac{\text{ЭН}_{\text{Епд}}}{E_{\text{ф}}^2}, \quad (1.37)$$

$$t_{\text{доп}} = \frac{\text{ЭН}_{\text{Нпд}}}{H_{\text{ф}}^2}, \quad (1.38)$$

где $t_{\text{доп}}$ – допустимое время воздействия излучения, ч;

$E_{\text{ф}}$ – напряженность электрического поля фактическая, В/м;

$H_{\text{ф}}$ – напряженность магнитного поля фактическая, А/м;

$\text{ЭН}_{\text{Епд}}$ – предельно допустимое значение энергетической нагрузки в течение рабочего дня, $(\text{В/м})^2 \cdot \text{ч}$;

$\text{ЭН}_{\text{Нпд}}$ – предельно допустимое значение энергетической нагрузки в течение рабочего дня, $(\text{А/м})^2 \cdot \text{ч}$;

– защита расстоянием;

– использование поглотителей мощности, волноводных ослабителей, делителей мощности;

– экранирование источников излучения или рабочих мест. В качестве экранов применяется латунь, медь, алюминий, медная сетка (4x4 мм), обязательно должна быть предусмотрена вентиляция.

– применение средств индивидуальной защиты (очки со специальной пленкой, халаты, комбинезоны из ткани радиотехнической РТ).

Защищают органы наиболее подверженные повреждениям, а именно спинной мозг, мочеполовая система.

Отрицательное действие оказывают электрические поля, образующиеся в районе линий высокого напряжения.

Опасная зона воздействия располагается на расстоянии:

$R = 20$ м (для линий напряжением $U = 400 - 500$ кВ).

$R = 30$ м (для линий напряжением $U = 750$ кВ).

Допустимой величиной напряженности является значение 5 кВ/м при воздействии весь рабочий день. При более высоких значениях напряженности время воздействия уменьшается до величин: при E до 10 кВ/м до 180 мин; при E в интервале 10-15 кВ/м до 90 мин; при $E > 15$ кВ/м до 5 мин.

Нормативные значения уровня электрических полей на рабочем месте регламентирует ГОСТ 12.1.002-84 ССБТ «Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах».

Допустимые уровни напряженности электростатических полей устанавливаются в зависимости от времени пребывания персонала на рабочих местах

в соответствии с ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ «Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочем месте и требования к проведению контроля». Данный стандарт распространяется на электростатические поля, создаваемые при эксплуатации электроустановок высокого напряжения постоянного тока и электризации диэлектрических материалов. Предельно допустимый уровень напряженности электростатических полей устанавливается равным 60 кВ/м в течение одного часа. При напряженности электростатических полей менее 20 кВ/м время пребывания в электростатических полях не регламентируется.

Электромагнитные поля, возникающие при индукционной плавке Индукционные печи создают электромагнитные поля, отрицательно влияющие на человека, что является следствием возникновения проблем на основе биоэлектромагнитной совместимости. Электромагнитные поля снижают работоспособность, повышают утомляемость, вызывают головные боли, бессонницу, изменение кровяного давления и пульса.

Исследование взаимосвязи электромагнитных полей с онкологическими заболеваниями показало, что электромагнитные поля представляют значительную угрозу здоровью в отношении раковых заболеваний, особенно опухолей нервных сетей, головного мозга и лейкемии. Большой вред наносят поля высокой частоты. При этом, если электрические поля воздействуют только на поверхность тела, то магнитные поля – на сердце, ток крови, и они беспрепятственно проникают внутрь тела человека [1].

Поэтому при применении индукционных плавильных печей необходимо принимать меры по защите работающих от воздействия электромагнитных полей.

Одной из таких мер является правильный выбор типа печей. Наименее опасны в этом отношении канальные печи, у которых напряженность магнитного поля на рабочей площадке равна нулю, так как у канальных печей магнитные поля поглощаются сердечником.

Во многих случаях есть выбор между индукционными плавильными печами средней и промышленной частоты. Печи промышленной частоты имеют более высокий уровень напряженности магнитного поля, чем печи средней частоты.

Сравнение напряженности магнитного поля, замеренной на расстоянии 1 м и высоте 1,5 м от работающих, индукционных печей промышленной и средней частоты примерно при равных условиях, показало, что эта величина для печей промышленной частоты (50 Гц) составила в среднем 32,25 А/м, а для печей средней частоты (250 Гц) – 16,6 А/м.

Величины напряженности магнитного поля печей средней частоты приведены в таблице 1.18 [1].

Существенным фактором, влияющим на напряженность магнитных полей индукционных плавильных печей, являются экранирующие магнитопроводы, наличие которых в конструкции печи является необходимым.

Магнитопроводы позволяют уменьшить влияние магнитного поля на обслуживающий персонал, работающий вблизи индукционных установок для нагрева заготовок, на 20...70%.

Большое значение для величины напряженности магнитного поля имеет расстояние точки замера от печи. С увеличением расстояния от центра печи вверх по вертикали и от печи по горизонтали напряженность магнитного поля уменьшается. Этот фактор необходимо учитывать при разработке инструкций по технике безопасности для производственного персонала. В инструкции по технике безопасности должно быть точно указано, на каком расстоянии от печи должен находиться сталевар в те периоды, когда он выполняет технологические операции непосредственно с металлом и шлаком, а также обязательно должно быть указано, что при выполнении операций с металлом и шлаком печь должна быть отключена.

Таблица 1.18 – Напряженность магнитного поля у печей средней частоты

Фирма-изготовитель печи	Вместимость печи, кг	Рабочая частота печи, Гц	Мощность, кВт	Напряженность магнитного поля, Е, на расстоянии 1 м от печи, А/м
«Эгес», Турция	1000	1000	600	17,1
«РЭЛТЭК», Россия	400	2400	320	40
ABB, Германия	4500	500	–	56
	500	1000	300	80
	12000	240	9300	80
	2000	370	200	50

Требования по напряженности магнитного поля для диапазона частот 60 кГц...300 МГц устанавливает ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ «Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля».

При воздействии электромагнитного поля в течение 8 ч уровень напряженности магнитного поля не должен превышать 5 А/м [1].

Замеры напряженности магнитного поля на рабочих местах высокочастотных установок, работающих в диапазоне частот 66...440 кГц, показали, что эта величина составляет 1..3 А/м.

На предприятиях, где работают индукционные печи, необходимо периодически проводить контроль напряженности магнитного поля в рабочей зоне.

1.3.6 Ионизирующие излучения

Источники ионизирующих излучений в литейном производстве применяют для плавки, выявления дефектов в отливках, контроля и автоматизации технологических процессов и др. Основными документами, регламентирующими

радиационную безопасность, являются закон Украины «О защите человека от воздействия ионизирующего излучения» (№ 15/98-ВР, ред. от 29.09.13), «Нормы радиационной безопасности Украины» (НРБУ-97 № 208 от 14.07.97), «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности Украины» (№ 54 от 02.02.05), «Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений» (ОСП-72/87).

Для работы со стационарными установками с закрытыми гамма-нейтронными источниками предусматривают изолированные помещения, преимущественно в отдельном доме или в отдельной одноэтажной части здания.

Хранилища для радиоактивных веществ оборудуют соответствующей защитой от излучений и вытяжной вентиляцией.

Для защиты от ионизирующих излучений на рабочих местах используют экранирование, которое снижает облучение до допустимой величины [2].

1.3.7 Электрический ток

Основными источниками опасности поражения электрическим током в литейных цехах являются электропечи, машины и механизмы с электроприводом. Применяемое электрооборудование в основном работает под напряжением до 1000 В, при использовании электротермических установок – выше 1000 В. Основные требования электробезопасности представлены в ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты», ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ «Электробезопасность. Защитное заземление, зануление», ГОСТ 12.2.007.0-89 ССБТ «Изделия электротехнические. Общие требования безопасности», НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок».

Рассматривая вопросы электробезопасности необходимо привести схему электрозащиты, которая способна обеспечить безопасность эксплуатации электрооборудования, а также проанализировать условия применения и принцип действия системы сигнализации на случай опасности.

Особое внимание необходимо уделять помещениям и внешним зданиям, в которых производятся, перерабатываются или сохраняются взрыво-, пожароопасные материалы. Данные материалы должны быть классифицированы в соответствии с их взрывоопасностью и пожароопасностью согласно требованиям «Правил устройства электроустановок».

В электрических схемах управления необходимо предусмотреть защиту от перегрузки и коротких замыканий. При работах, связанных с опасностью поражения электрическим током, необходимо использовать защитные средства.

Электроинструмент, переносные электролампы, понижающие трансформаторы и преобразователи частоты тока при выдаче на руки должны проверяться на отсутствие замыкания на корпус, на исправность заземляющего провода и изоляции питательных проводов [2].

1.3.8 Транспортные средства

Литейные цеха оснащены транспортными и грузоподъемными механизмами; машинами для приготовления формовочных и стержневых смесей и составов, форм и стержней; устройствами для выбивки отливок; разнообразными механизмами для финишных операций и др. Выполнение любой из операций на указанном оборудовании связано с опасностью травмирования обслуживающего персонала вследствие наличия опасных зон в машинах и механизмах.

Требования безопасности при подъемно-разгрузочных работах. Основные требования безопасности при проведении погрузочно-разгрузочных работ регламентирует ГОСТ 12.3.009-76 ССБТ «Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности». В дипломном проекте необходимо обосновать выбор подъемно-транспортных средств с точки зрения безопасности труда и разработать основные мероприятия по предупреждению травматизма при передвижении грузов, также необходимо обосновать выбор места осуществления этих работ. Наиболее перспективным методом предупреждения травматизма при выполнении данных работ является их механизация и автоматизация.

Необходимо кратко привести основные требования к выполнению работ грузоподъемными машинами касательно основных технологических процессов, а также привести мероприятия по уменьшению пылевыделения при транспортировке грузов, характеризующихся способностью образовывать большое количество пыли [2].

Особое внимание необходимо уделять безопасности при передвижении жидкого металла и шлаков. Перспективным методом является замена внутрицехового транспорта непрерывными видами транспорта. Для подачи шихтовых материалов желательно применять транспортеры. Перевозку жидкого металла в ковшах можно заменить транспортировкой металла по трубам с использованием электромагнитных насосов [2].

При перевозке жидкого металла, шлаки, расплава и т.п. особое внимание необходимо уделять предотвращению разбрызгивания, а также выполнению требований, предъявляемых к отдельным элементам разливных кранов. Центр тяжести заправляемого сталью ковша должен быть хотя бы на 220 мм ниже оси его вращения для предотвращения переворачивания.

Для места разлива жидкого металла должно быть предусмотрено ограждение перилами, также должно быть предусмотрено дистанционное управление разливом металла.

В литейных цехах очень распространенным является использование конвейерного транспорта для передвижения любых грузов. В объяснительной записке студенту необходимо привести основные мероприятия по предупреждению травматизма при эксплуатации конвейерного транспорта.

1.3.9 Взрыво-, пожароопасность в металлургических цехах

Определение пожарной опасности производства включает следующие этапы:

- определение пожарной опасности материалов;
- исследование опасности возникновения пожара;
- исследование опасности распространения пожара.

Определение пожарной опасности материалов. В процессе производства используются разнообразные технологические материалы. Для каждого из них необходимо установить основные показатели пожарной опасности (горючесть, способность вспыхивать, взрывоопасность, температуру вспышки, нижнюю концентрационную границу), а также физико-химические свойства, которые влияют на условия возникновения и развитие пожара в конкретных условиях производства (при рабочих давлениях, температуре и т.п.). Рядом с определением пожежо- и взрывоопасных свойств материалов необходимо знать их количество на разных участках производства и пожарную опасность проектированного оборудования.

Исследование опасности возникновения пожара. Исследование опасности возникновения пожара предусматривает установление возможности одновременного появления и взаимодействия в соответствующем соотношении трех компонентов, которые необходимы для возникновения пожара: горючего материала, окислителя и источника зажигания. В большинстве случаев окислителем является кислород воздуха из окружающей среды. Источники зажигания на производстве могут быть технологическими, естественными или из-за неосмотрительности рабочих при действиях с огнем. Поэтому при анализе опасности возникновения пожара необходимо установить возможность следующих ситуаций:

- образование горючего среде внутри оборудования при его нормальной работе, а также в периоды пуска и остановки;
- образование горючей среды в помещениях и на открытых площадках при выходе горючих материалов из нормально действующего оборудования;
- повреждение оборудования с выходом из него горючих материалов и образованием горючей среды в помещении и на открытых площадках;
- возникновение контакта с горючей средой производственных и естественных источников зажигания, а также источников от неосмотрительного пользования огнем.

Особое внимание необходимо уделять оценке опасности возникновения пожара в особых условиях производства (ремонтные работы, пуск или авария). Одной из основных причин возникновения пожаров на производстве является неисправность и неверная эксплуатация электротехнических устройств. В большинстве случаев пожары имеют место в результате коротких замыканий в электрических сетях; перегрева и возгорания веществ и материалов, которые находятся в непосредственной близости к электрооборудованию; токовых

перегрузок проводов в электрических машинах; больших перепадов сопротивления; электрических искр и др. В металлургическом производстве много технологических процессов, которые характеризуются опасностью возникновения пожара. Анализ пожарной опасности необходимо проводить, исходя из конкретных условий и используемого оборудования.

Исследование опасности распространения пожара. Такие исследования являются необходимыми при проектировании цеха. При этом необходимо установить возможные размеры разных зон пожара (горения, излучения, задымления, взрыва), в которых возможны тяжелые последствия (человеческие жертвы и материальные потери). Исходными точками при расчете зон пожара, прежде всего, являются места с наибольшей вероятностью возникновения пожара от технологических причин; если явных технологических причин нет, то необходимо учесть наиболее вероятные места возникновения пожара от естественного источника зажигания или от неосмотрительного использования пламени. При большой площади производственного цеха (участка) необходимо рассмотреть возможность возникновения пожара с нескольких исходных точек.

Определение категории производства по взрывной и пожарной опасности осуществляется в зависимости от взрывной и пожарной опасности веществ и материалов, которые хранятся на складах, транспортируются и используются в цехах, на рабочих местах и в агрегатах. Все производства делятся на пять категорий: А, Б, В, Г, Д.

Категория А – производства, в которых находятся в обращении горючие газы с НПВ до 10 % к объему воздуха, жидкости с температурой вспышки паров до 28°C при условии, что указанные газы и жидкости могут образовать взрывоопасные смеси в объеме, превышающем 5 % объема помещения; вещества, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и друг с другом.

Категория Б – производства, в которых находятся в обращении горючие газы с НПВ более 10% к объему воздуха; жидкости с температурой вспышки паров от 28 до 61°C (включительно); жидкости, нагретые в условиях производства до температуры вспышки и выше, горючие пыли или волокна с НКПВ до 65 г/м³, при условии, что указанные газы, жидкости и пыли могут образовать взрывоопасные смеси в объеме, превышающем 5% объема помещения.

Категория В – производства, в которых находятся в обращении жидкости с температурой вспышки паров выше 61°C; горючие пыли или волокна с НКПВ более 65 г/м³; вещества, способные гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и друг с другом; твердые сгораемые вещества и материалы.

Категория Г – производства с применением несгораемых веществ и материалов в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени; твердых, жидких и газообразных веществ, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива.

Категория Д – производства с применением несгораемых веществ и материалов в холодном состоянии.

В зависимости от категории производства предъявляются соответствующие требования к огнестойкости зданий и сооружений, размещению их на территории предприятия, наличию средств пожаротушения и т. п., к устройству электрооборудования.

На металлургических предприятиях к **категории А** относят производства, которые связаны с хранением и применением горючих газов. Такими производствами являются, например, отделения диссоциации аммиака; станции получения защитного газа и ацетилена; компрессорные горючих газов; машинные залы коксового и смешанного газов; газорегуляторные и газораспределительные пункты; цеха наполнения ацетилена, водорода, естественного и генераторного газов; очистки и сушки водорода. К категории А также относятся производства, которые связаны с использованием бензина, бензола и других огнеопасных жидкостей с температурой вспышки паров до 28°C включительно, насосные для перекачки таких жидкостей, а также жидкой серы (без отдувки сероводорода), все производства связанные с использованием трихлорсилана и триэтилэтоксилана, тетракарбонила никеля и др. Относятся к категории А также производства, связанные с использованием твердых веществ, например, производство и хранение карбида кальция, производство порошков: никелевых, кобальтовых, редкоземельных металлов и т.п.

На металлургических предприятиях к **категории Б** относят много производств, которые связаны с использованием горючих газов: участки (цеха) наполнения аммиака; аммиачные компрессорные; помещения для хранения баллонов с аммиаком; склады концентрированной аммиачной воды; склады баллонов с горючими газами; газоочистные установки технологических газов в доменных, конверторных, электросталеплавильных, ферросплавных цехах; установки нагнетания газов на конверторах без дожигания оксида углерода или с частичным дожиганием; компрессорные и смесительные станции доменного газа и т.г. К категории Б также относятся производства, связанные с использованием жидкостей с температурой вспышки 28...61°C включительно: реagentные цехп (отделения) с использованием таких жидкостей; участки допрессовки огнеупорных изделий с использованием керосино-стеариновых смесей (краскозаготовительные, малярные, красильные отделения и участки с использованием растворителей, которые имеют указанную выше температуру вспышки, склады закрепителей на основе уайт-спирита и т. г.). К этой же взрывопожароопасной категории относятся производства, связанные с использованием или образованием горючей пыли: отделения дробления угля, подземные углеприемные ямы, закрытые галереи для транспортировки угля, дозировочные и углеразгрузочные установки, установки подачи пылеугольного топлива к печам, отделения приготовления шихты для производства спеченных изделий (порошковая металлургия), склады хранения сернистого цинка и стеарата цинка, отделение спекания и смешивания азотированного марганца с порошком алюминия и брикетирования

сухих порошков марганца и алюминия, отделения приготовления экзотермических смесей, склады сажи, отделения бакелитовых покрытий, нанесения на изделия эпоксидных смол методом распыления и т.п. Значения нижнего концентрационного предела воспламенения и температуры воспламенения в воздухе некоторых металлических порошков приведены в таблице С.1 приложения С [6].

К **категории В** относят те производства, где используются горючие жидкости с температурой вспышки паров выше 61°C (мазут, минеральные и растительные масла, жиры, смолы и др.). К этой категории относят станции централизованного смазывания, склады масел, помещения масляных трансформаторов, насосные станции, маслотуннели гидравлических систем, маслоохладительные установки, краскозаготовительные, малярные, окрасочные отделения и участки с применением растворителей, имеющих указанную выше температуру вспышки. К категории В также относятся производства, связанные с обращением горючей пыли и волокон, а также твердых сгораемых веществ: бункерные эстакады с подбункерными помещениями доменных печей; отделения изготовления шихты в порошковой металлургии, сушки, отсева, усреднения, хранения порошков, травления чушек магния, разлива магния и его сплавов, электрокабельные и электромашинные помещения, деревообрабатывающие и модельные цеха, аппараты связи, телемеханика, вычислительные центры и помещения ЭВМ.

К **категории Г** относятся доменные и металлоплавильные печи, цеха горячей прокатки,ковки и штамповки металла, плавильные отделения порошковой металлургии, отделения электропечей, горизонтальных и вертикальных конверторов.

К **категории Д** относят цеха холодной обработки металлов (кроме магния и титана), копровые цеха, отделения гидравлической очистки отливок и т.п.

Согласно «Правилам устройства электроустановок» пространство всего помещения или части помещения, в котором могут образовываться взрывоопасные смеси или находятся в обращении горючие материалы, называется соответственно взрывоопасной или пожароопасной зоной. В помещении с производствами категорий А, Б электрооборудование должно удовлетворять требованиям, которые предъявляются к электроустановкам во взрывоопасных зонах. Взрывоопасные зоны разделяют на шесть классов: В-I, В-I а, В-I б, В-I г, В-II, В-II а, а пожароопасные – на четыре класса; П-I, П-II, П-II а, П-III.

Правильное распределение зон на классы является очень важным, так как от этого зависит выбор общепромышленного или взрывозащищенного электрооборудования. Для определения взрывоопасных и пожароопасных зон и выбора вида электрооборудования необходимо использовать данные, которые приведены в СНиП 2.01.02-85.

Огнестойкость зданий, сооружений и конструкций. Степень огнестойкости зданий и сооружений определяется пределами огнестойкости основных строительных конструкций и пределами распространения огня за эти конструкции.

I степень огнестойкости – все основные конструкции изготовленные из негорючих материалов с пределом огнестойкости несущих стен, стен лестничных клеток, колон, противопожарных стен не менее 2,5 часов. Т.е. в зданиях I степени огнестойкости не может быть несущих конструкций (ферм, колон, стен, перегородок и др.), выполненных из открытого незащищенного металла.

II степень огнестойкости – все основные несущие конструкции (кроме внутренних перегородок) также выполняются негорючими, однако в таких зданиях допускается использование стальных не защищенных от огня несущих ферм, а также внутренних перегородок, выполненных из трудногорючих материалов.

III степень огнестойкости – несущие стены, стены лестничных клеток, колонны – негорючие, другие конструкции могут быть трудногорючими, а несущие конструкции укрытия – горючими.

IV степень огнестойкости – все конструкции могут быть трудногорючими, а конструкции крыши – горючими.

Чаще всего проектируемые и сооружаемые здания современных машиностроительных цехов относятся к II степени огнестойкости.

В предотвращении распространения огня по производственному помещению важную роль играют противопожарные преграды. К ним относятся противопожарные стены с пределом огнестойкости не менее 2,5 часов, противопожарные перекрытия и перегородки с пределом огнестойкости 0,75...1 час, противопожарные двери, окна, люки, ворота и тамбур-шлюзы с пределом огнестойкости 0,6...1,2 часа. Противопожарными стенами в производственных зданиях отделяют вентиляционные камеры, аккумуляторные, складские и другие пожароопасные помещения.

V степень огнестойкости – все конструкции могут быть горючими.

Противопожарные мероприятия в технологии производств. Пожарная безопасность технологических процессов производств обеспечивается конструктивными решениями используемых машин и агрегатов, отбором пожаробезопасных схем процессов, использованием контрольно-измерительных приборов и автоматов, обеспечивающих безопасный режим работы оборудования, использованием устройств, которые устраняют механические искрения и снимают напряжение статического электричества, своевременными ревизиями и предупредительными ремонтами оборудования.

Предупреждение пожара достигается принятием мер, направленных на предотвращение образования в горючей среде (или внесения в нее) источников зажигания; поддержание температуры горючей среды ниже максимально допустимой; поддержание давления в горючей среде ниже максимально допустимого и др.

Пожарная защита обеспечивается в результате использования негорючих и трудногорючих веществ и материалов вместо пожароопасных; ограничения количества горючих веществ в производственных помещениях; изоляции горючей среды; предотвращения распространения пожара за пределы очага возгорания; использования средств пожаротушения; применения конструкций с регламентированными пределами огнестойкости и горючести; использования

систем противодымной защиты, средств пожарной сигнализации и средств сообщения о пожаре; организации пожарной охраны объекта.

Ограничение количества горючих веществ и выполнение требований к их размещению достигается регламентацией состава и количества (массы, объема) горючих веществ и материалов, которые находятся одновременно в производственном помещении; аварийного слива пожароопасных жидкостей и аварийного стравливания горючих газов из аппаратуры; противопожарных разрывов и защитных зон; периодичности очистки помещений, коммуникаций аппаратуры от горючих отходов, отложений взрывоопасной, горючей пыли и т.п.; количества рабочих мест, на которых используются пожароопасные вещества; выноса пожароопасного оборудования на открытые площадки.

Изоляция горючей среды обеспечивается одним или несколькими из перечисленных методов: максимальной механизацией и автоматизацией технологических процессов, которые связаны с использованием пожароопасных веществ; установкой пожароопасного оборудования в изолированных помещениях или на открытых площадках; использованием для пожароопасных веществ герметизированного оборудования; использованием изолированных отсеков, камер, кабин и т.п. Предотвращение распространения пожара обеспечивается в результате устройства противопожарных преград (стен, зон, поясов, защитных полос, завес и т.п.); определение предельно допустимой площади противопожарных отсеков и секций; устройство аварийного выключения и переключения аппаратов и коммуникаций; использование средств, предупреждающих или ограничивающих разлив и растекания жидкости при пожаре; использование противопожарных преград (перегородок, затворов, заслонок и др.) и прорывных предохранительных мембран на аппаратуре и коммуникациях.

Средства пожаротушения. В дипломном проекте необходимо определить состав и количество средств пожаротушения, которые необходимо предусмотреть для локализации и прекращения пожара. Предлагаемые средства пожаротушения должны максимально ограничивать размеры пожара и обеспечить его гашение. При этом необходимо определить; виды средств пожаротушения, допустимые и недопустимые для использования при пожаре; вид, количество, размещение и хранение первичных средств пожаротушения; порядок хранения веществ, тушение которых недопустимо теми же средствами; источники и средства подачи воды для пожаротушения.

Все производственные здания, а также отдельные помещения и технологические установки должны быть обеспечены огнетушителями, пожарным инвентарем и инструментом. На предприятиях рекомендуется использовать пенные, жидкостные, углекислотные, углекислотно-бромэтиловые, аэрозольные и порошковые огнетушители.

Необходимое количество средств пожаротушения для помещений, сооружений, участков производственных предприятий определяется согласно типу помещения [5]. Кроме того, на территориях производственных предприятий должно быть установлено специальные пожарные щиты с набором огнетушителей

(пенных – 2, углекислотных – 1), ящиков с песком – 1, листов войлока, асбеста или кошмы – 1, набор пожарного инструмента. Обеспечение пожарными щитами определяется из расчета один щит на площадь до 5000 м². Противопожарные средства, огнетушители должны размещаться на хорошо просматриваемых и легкодоступных местах. Помещения, оборудованные автоматическими установками пожаротушения, обеспечиваются первичными средствами пожаротушения из расчета половины необходимого количества.

Эвакуация людей из производственного помещения. Эвакуационные пути должны обеспечивать эвакуацию через эвакуационные выходы всех людей, которые находились в помещениях зданий и сооружений, в срок предусмотренного времени эвакуации. Количество эвакуационных выходов из здания, помещения и из каждого поверху здания нужно принимать за расчетом, но не меньше двух. Эвакуационные выходы должны располагаться рассредоточено. Двери на путях эвакуации должны приоткрываться за направлением выхода из здания.

Некоторые рекомендации относительно средств пожаротушения приведенные в таблице 1.19 [6].

Таблица 1.19 – Средства пожаротушения по отделениям литейных цехов

Отделение, участок	Материалы, представляющие пожарную опасность, в зоне горения	Средства пожаротушения
Модельное, шихтовое	Дерево, уголь, кокс, каучук, целлулоид и прочее	Вода в виде компактной струи, пена, водной пар
Формовочное, стержневое	Горючие жидкости с температурой вспышки больше 45° (масла, нефть, олифы и прочее)	Распыленная вода
	Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости (ацетон, бензин, бензол, керосин, лаки), материалы (битумы)	Химическая пена Воздушно-механическая пена
	Легковоспламеняющиеся жидкости и трудногораемые материалы	Четыреххлористый углерод
Стержневое	Небольшие очаги пожаров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей	Войлочные кошмы и покрывала
Сушки форм и стержней	Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости (ацетон, бензин, бензол, керосин, лаки), трудногораемые материалы (битумы), угольная пыль	Углекислый газ
Плавильное	Трудногораемые материалы, в том числе металлы	Порошковые сухие огнетушители, сухой песок, флюсы
Точного литья	Очаги пожара в закрытых помещениях	Водяной пар
Все отделения	Электрооборудование	Четыреххлористый углерод

В дипломном проекте необходимо разработать конкретные мероприятия по пожарной безопасности, а именно:

- определить категорию данного производства по взрывной и пожарной опасности;
- обосновать выбор здания по огнестойкости и необходимость противопожарных преград внутри помещения;
- привести характеристику горючих веществ, проанализировать возможные причины пожаров и обосновать мероприятия по их предупреждению;
- обосновать выбор противопожарного оборудования, средств и условий сигнализации и привести их краткую характеристику;
- предложить пути эвакуации людей из производственного помещения.

Пример анализа опасных и вредных производственных факторов при эксплуатации электродуговой печи

При эксплуатации электродуговой печи вместительностью 5 т к постоянно действующим опасным факторам можно отнести следующие: электрический ток высокого напряжения; выплески жидкого металла или шлака; вращение печи, которое может привести к получению травмы в период загрузки шихты, замены электродов, перемешивания жидкого металла в печи, а также при передвижении сталевара вдоль печи. Опасными факторами периодического действия являются: взрывы при падении колец свода, охлаждаемых водой, в ванну печи; прорыв жидкого металла при перегреве кладки, переворачивание печи при попадании жидкого металла на гидравлические устройства.

К вредным производственным факторам при эксплуатации электродуговой печи относят: повышенную запыленность и загазованность воздуха; повышенный уровень шума; повышенную температуру воздуха рабочей зоны, излучение электрической дуги, физическая и нервно-психическая перегрузки.

Например, газ, который выделяется из электродуговой печи, содержит следующие химические вещества: до 68 % CO, до 30 % CO₂, до 21 % O₂, до 30 % N₂ [7]. Кроме того, в газе присутствует до 10 мг/м³ оксидов серы. Также выделяющиеся из печи газы содержат пыль в количестве 50...60 г/м³, которая состоит из оксидов железа, кремния, алюминия, марганца, кальция и др.

По уровню звуковой мощности, который достигает 110 дБА, электродуговая печь вместительностью 5 т значительно превышает предельно допустимый уровень (80 дБА) [8]. В период расплавления металла уровень шума увеличивается до 118 дБА.

Рабочая зона обслуживания печи характеризуется повышенной температурой воздуха (до 30°C) в результате высоких тепловых излучений (до 1000 кДж/м³·ч), которые значительно превышают допустимые значения, составляющие 84 кДж/м³·ч [9].

2 БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

2.1 Факторы, влияющие на устойчивость работы промышленного объекта в условиях ЧС

Актуальность проблемы обеспечения природно-техногенной безопасности населения и территорий обусловлена тенденциями увеличения человеческих потерь и повреждения территорий в результате чрезвычайных ситуаций (ЧС). Риск ЧС природного и техногенного характера неуклонно возрастает.

Чрезвычайная ситуация – нарушение нормальных условий жизни и деятельности людей на объекте, территории, вызванное аварией, катастрофой, стихийным бедствием, эпидемией, эпизоотией, эпифитотией, большим пожаром, применением оружия массового поражения, которые привели или могут привести к человеческим или материальным потерям.

Обеспечение устойчивости работы объекта народного хозяйства в условиях ЧС – одна из основных задач ГО.

Под устойчивостью функционирования объекта понимают способность его в условиях ЧС выпускать продукцию в запланированном объеме и номенклатуре, выполнять все свои функции, а в случае аварии, катастрофы, повреждения – восстанавливать производство в минимально короткие сроки.

На устойчивость функционирования объектов народного хозяйства в условиях ЧС влияют следующие факторы:

- надежность защиты рабочих и служащих от последствий ЧС – аварий, катастроф, от первичных и вторичных факторов ОМП;
- способность инженерно-технического комплекса объекта противостоять этим воздействиям;
- надежность системы снабжения объекта всем необходимым для производства продукции (сырьем, топливом, энергией, газом, водой и т. д.);
- устойчивость и непрерывность управления производством и ГО;
- подготовленность объекта к ведению СидНР и восстановительным работам.

2.2 Анализ устойчивости работы производственного цеха к действию воздушной ударной волны

В дипломном проекте проведен анализ устойчивости работы производственного цеха на случай взрыва 100 т жидкого пропана на расстоянии 405 м, а также предложены меры по повышению устойчивости цеха.

Производственный цех расположен в массивном промышленном здании с металлическим каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью 25...50 т. В цехе расположено следующее оборудование: подъемно-транспортное оборудование, электродвигатели герметичные мощностью до 2 кВт, станки средние. Коммунально-энергетические сети представлены кабельными наземными электролиниями, трубопроводами, углубленными на 20 см, в цехе имеется подвижной железнодорожный состав.

Решение

1 Рассчитаем величину избыточного давления ударной волны в месте расположения объекта, для этого изначально определим, в какой зоне воздействия ударной волны находится объект:

а) определим радиус действия детонационной волны

$$r_1 = 17,5 \sqrt[3]{Q}, \quad (2.1)$$

где r_1 – радиус действия детонационной волны, м;

Q – количество взрывоопасного вещества, т.

$$r_1 = 17,5 \sqrt[3]{100} = 81,2 \text{ м},$$

б) определим радиус действия продуктов взрыва

$$r_2 = 1,7 \cdot r_1, \quad (2.2)$$

где r_2 – радиус действия продуктов взрыва, м;

$$r_2 = 1,7 \cdot 81,2 = 138 \text{ м}.$$

Сравнение величин r_2 и r_1 с расстоянием от центра взрыва до объекта позволяет сделать вывод, что объект находится в третьей зоне – зоне действия воздушной ударной волны.

2 Вычислим величину избыточного давления, для чего сначала рассчитаем относительную величину ϕ

$$\phi = 0,24 \cdot r_3 / r_1, \quad (2.3)$$

где r_3 – расстояние до объекта, который находится в третьей зоне от центра взрыва, м.

$$\phi = 0,24 \cdot 405 / 81,2 = 1,2.$$

Затем, чтобы вычислить избыточное давление ударной волны, воспользуемся одной из нижеприведенных формул, кПа

если $\phi \leq 2$, то

$$\Delta P_\phi = \frac{700}{3(\sqrt{1 + 29,8\phi^3} - 1)}, \quad (2.4)$$

если $\phi > 2$, то

$$\Delta P_\phi = \frac{22}{\phi \sqrt{0,158 + \lg \phi}}, \quad (2.5)$$

где ΔP_ϕ - избыточное давление ударной волны, кПа.

В нашем случае $\phi = 1,54$, т.е. меньше 2, следовательно

$$\Delta P_{\phi} = \frac{700}{3\left(\sqrt{1 + 29,8 \cdot 1,2^3} - 1\right)} = 37,4 \text{ кПа} .$$

3 Составим сводную таблицу 2.1, для этого внесем в нее характеристики элементов объекта. Затем занесем в сводную таблицу с помощью условных обозначений степени разрушения элементов объекта при разных значениях избыточного давлений ударной волны (табл. Т.1 прилож. Т).

Определим предел устойчивости каждого элемента объекта как границу между слабыми и средними разрушениями, занесем полученные цифры в предпоследний столбец графы «Предел устойчивости элемента, кПа».

Среди полученных цифр найдем наименьшую, она и будет пределом устойчивости объекта в целом. Занесем эту цифру в последний столбец графы «Предел устойчивости объекта, кПа». В нашем случае это 25 кПа.

Критерием (показателем) устойчивости объекта к действию ударной волны является значение избыточного давления, при котором здания, сооружения, оборудование объекта сохраняются или получают слабые разрушения.

Это $\Delta P_{\phi \text{ предельное}}$ – предел устойчивости объекта.

В нашем случае

$$\Delta P_{\phi \text{ предельное}} = 25 \text{ кПа}.$$

Таким образом, анализ таблицы показал, что предел устойчивости промышленного объекта к действию ударной волны составляет 25 кПа.

Поскольку на объекте ожидается максимальное избыточное давление 37,4 кПа, а предел устойчивости объекта равен 25 кПа, то объект является неустойчивым к действию ударной волны. Неустойчивыми элементами являются здание цеха и станки средние, кабельные наземные электролинии.

Необходимо повысить устойчивость объекта до 38 кПа.

Для повышения устойчивости объекта предлагаются следующие меры (прилож. У):

– для здания – укрепление несущих элементов конструкции здания дополнительными колоннами и фермами, установка дополнительных перекрытий, подкосов и распорок;

– для станков – надежное крепление станков к фундаменту, устройство контрфорсов, которые повышают устойчивость станков к опрокидыванию, оснащение аварийных складов запчастей и оборудования;

– для кабельных наземных электролиний – углубление в землю.

Таблица 2.1 – Сводная таблица результатов оценки устойчивости объекта к действию ударной волны

Характеристики элементов объекта	Степень разрушения при ΔP_{ϕ} , кПа									Предел устойчивости, кПа	
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	элемента	объекта
Здание: Массивное промышленное здание с металлическим каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью 25...50 т										30	25
Оборудование: средние станки										25	
электродвигатели герметичные мощностью до 2кВт										50	
подъемно-транспортное оборудование										50	
Коммунально-энергетические сети: кабельные наземные электролинии										30	200
трубопроводы, углубленные на 20 см трубопроводы	Выдерживают до 200 кПа									200	
подвижной железно-дорожный состав										40	

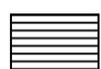
Примечание. Условные обозначения:



слабое разрушение;



сильное разрушение;



среднее разрушение;



полное разрушение.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

- 1 Инженерная экология литейного производства : учеб. пособие / А. Н. Болдин [и др.] ; под общ. ред. А. Н. Болдин. – М. : Машиностроение, 2010. – 352 с. : ил. – ISBN 978-5-94275-523-2.
- 2 Безопасность производственных процессов : справочник / С. В. Белов, [и др.] ; под общ. ред. С. В. Белова. – М. : Машиностроение, 1985. – 448 с. : ил.
- 3 **Сперанский, Б. С.** Охрана окружающей среды в литейном производстве / Б. С. Сперанский, Б. Ф. Туманский. – Киев ; Донецк : Вища шк. Головное издательство, 1985. – 80 с.
- 4 Безопасность жизнедеятельности : учебник для вузов / С. В. Белов [и др.] ; под общ. ред. С. В. Белова. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Высш. шк., 1999. – 448 с. : ил. – ISBN 5-06-003605-7.
- 5 Практикум з охорони праці : навчальний посібник / В. Ц. Жидецький [та ін.]; за ред. В. Ц. Жидецького. – Львів : Афіша, 2000. – 352 с. – SBN 966-7760-09-X.
- 6 Методические указания к выполнению раздела «Пожарная безопасность в дипломных проектах (для студентов всех специальностей) / сост. Г. И. Чижиков. – Краматорск : КИИ, 1988. – 35 с.
- 7 **Юдамехин, М. Я.** Пылеулавливание и очистка газов в черной металлургии / М. Я. Юдамехин. – М. : Металлургия, 1984. – 320 с.
- 8 **Бринза, В. Н.** Охрана труда в черной металлургии / В. Н. Бринза, М. М. Зинковский. – М. : Металлургия, 1982. – 336 с.
- 9 **Бабалов, А. Ф.** Промышленная защита в металлургии / А. Ф. Бабалов. – М. : Металлургия, 1972. – 360 с.
- 10 Методические указания к выполнению раздела «Охрана окружающей среды» дипломного проекта (для студентов всех специальностей) / сост. Г. И. Чижиков. – Краматорск : КИИ, 1991. – 24 с.
- 11 Методические указания к курсовому и дипломному проектированию по дисциплине «Гражданская оборона» для студентов заочной формы обучения / сост. Л. В. Дементий, А. Е. Поляков, А. А. Кузнецов – Краматорск : ДГМА, 2004. – 32 с.

Дополнительная литература

- 12 **Глиняна, Н. М.** Охорона праці у ливарному виробництві : курс лекцій для студентів вищих навчальних закладів напряму 0904 «Металургія» / Н. М. Глиняна. – Краматорськ : ДДМА, 2009. – 184 с. – ISBN 978-966-379-341-2.
- 13 Безопасность жизнедеятельности в машиностроении / под ред. Ю. М. Соломийцева. – М. : Высш. шк., 2002. – 310 с. – ISBN 5-06-004078-8.
- 14 **Ефанов, П. Д.** Техника безопасности и производственная санитария в черной металлургии : справочник / П. Д. Ефанов, Н. Н. Карнаух. – М. : Металлургия, 1980. – 406 с. : ил.

Приложение А

Таблица А.1 – ПДК некоторых загрязняющих веществ в атмосферном воздухе для населенных мест [2]

Вещество	ПДК, мг/м ³			Класс опасности	Агрегатное состояние
	в воздухе рабочей зоны	в воздухе населенных мест			
		максимальная разовая	среднесуточная		
1	2	3	4	5	6
Азота окислы (в пересчете на NO ₂)	2	0,04	0,085	2	п
Акролеин	0,2	0,03	0,03	2	п
Алюминия окись в виде аэрозолей дезинтеграции (глинозем, электрокорунд, монокорунд)	6	–	–	4	а
Алюминия окись, в том числе с примесью двуокиси кремния в виде аэрозоля конденсации	2	–	–	4	а
Алюминия окись (электрокорунд) в смеси со сплавом никеля до 15%	4	–	–	4	а
Аммиак	20	0,04	0,2	4	п
Ангидрид сернистый (SO ₂)	10	0,05	0,5	3	п
Ацетон	200	0,35	0,35	4	п
Бензол ⁺	5	0,1	1,5	2	п
3,4 – Бензпирен	0,00015	0,1 мкг/100 м ³	–	1	а
Керосин (в пересчете на С)	300	–	–	4	п
Кремния двуокись кристаллическая (SiO ₂)	1	0,05	0,15	3	а

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6
Кремния карбид (карборунд)	6	–	–	4	а
Марганец (в пересчете на MnO)	0,3	0,001	0,01	2	а
Никеля окись (в пересчете на Ni)	0,5	0,001	–	2	а
Сажа	4	0,05	0,15	3	а
Сероводород ⁺	10	0,008	0,008	2	п
Серовуглерод	1	0,005	0,03	2	п
Спирт амиловый	10	0,01	0,01	3	п
Спирт метиловый	5	0,5	1,0	3	п
Спирт пропиловый	10	0,3	0,3	3	п
Спирт этиловый	1000	5,0	5,0	4	п
Титан и его двуокись	10	–	–	4	а
Толуол	50	0,6	0,6	3	п
Углерода окись (CO)	20	3,0	5,0	4	п
Углерода пыль (кокс)	6	–	–	4	а
Формальдегид	0,5	0,003	0,035	2	п
Хлор	1	0,03	0,1	2	п
Хрома окись	1	–	–	2	а
Цинка окись	0,5	0,05	–	2	а
Чугун	6	–	–	4	а

Примечание: + – вещество опасно при поступлении через кожу. Агрегатное состояние: п – пары или газы, а – аэрозоли.

Приложение Б

Таблица Б.1 – Выделение пыли при изготовлении и использовании стержней и форм [1]

Технологический процесс, оборудование	Выделение пыли	
	на единицу перерабатываемого материала, г/кг	на единицу работающего оборудования, кг/ч
1	2	3
Транспортировка формовочных и стержневых материалов		
Загрузка и выгрузка исходных материалов в желоба при перегрузках и транспортировании:		
кусовых материалов	0,9...1,4	2,7...4,3
порошкообразных материалов	2,0...4,2	6,1...9,3
горелой земли	6,0...10,0	1,9...3,1
Пересыпка на конвейеры:		
кусовых материалов	0,6...0,8	1,8...2,1
порошкообразных материалов	1,3...1,5	4,0...4,6
горелой земли	0,4...0,6	1,2...1,5
Местные отсосы укрытий конвейеров, питателей и дозаторов:		
кусовых материалов	0,3...0,5	1,0...1,5
порошкообразных материалов	0,4...1,1	2,6...3,2
горелой земли	0,2...0,3	4,0...8,0
Сушка формовочных и стержневых материалов		
Горизонтальное барабанное сушило:		
для песка	0,3...0,7	3,0...7,0
для глины	2,0...3,0	6,0...10,0
Установка для сушки песка:		
в потоке горячих газов	1,8...2,4	7,0...9,0
в кипящем слое	1,2...1,4	12,0...14,0
вертикальная	0,5...1,0	1,1...2,1
Размол формовочных и стержневых материалов (угля, глины, кварца):		
шаровые мельницы производительностью до 1 т/ч	4,0...10,0	2,0...4,0
молотковые мельницы производительностью до 2 т/ч	6,0...8,0	12,0...15,0
молотковые дробилки производительностью до 5 т/ч	4,0...5,0	20,0...25,0

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3
Приготовление смесей		
Сита: вибрационные плоские механические барабанные (полигональные и цилиндрические)	3,0...5,0 6,0...7,0 2,0...3,0	12,0...15,0 21,0...24,0 13,0...17,0
Смесители: периодического действия с вертикальными катками (бегуны) производительностью 50 т/ч периодического действия с горизонтальными катками (центробежные) производительностью до 50 т/ч тарельчатые (бегуны) производительностью до 20 т/ч грохоты бункера формовочных смесей	0,4...1,0 0,6...1,2 0,2...0,6 — —	20,0...25,0 15,0...25,0 4,0...8,0 30,0...36,0 6,0...8,0
Выбивка форм и стержней		
Подвесные вибраторы при высоте опоки над решеткой до 1 м	8,0...1,0	12,0...16,0
Выбивающие эксцентриковые решетки грузоподъемностью до 2,5 т	3,5...6,0	8,6...11,0
Выбивные инерционные решетки грузоподъемностью до 10 т	6,2...10,0	22,0...25,0
Выбивные инерционно-ударные решетки грузоподъемностью до 30 т	14,0...22,0	до 100,0

Таблица Б.2 – Основные вредные вещества, выделяющиеся при изготовлении отливок [1]

Связующие		Основные вредные вещества	
Тип, класс	Основные марки	при изготовлении стержней и форм	при заливке, охлаждении и выбивке форм
Безмасляные «крепители»	КО, УСК-1, П, СКТ-11, ЛСТ	Акролеин, метанол, формальдегид, фурфурол, фенол, фуриловый спирт	Оксид углерода, оксиды серы, предельные углеводороды
Фенолоформальдегидные	Фенолоспирт, СФ-015, СФ-011, СФ-262, СФ-480, СФ-1, СФ-3042	Аммиак, ацетон, метанол, формальдегид, фенол	Оксид углерода, аммиак, ацетон, метанол, бензол, углеводороды, цианиды, сернистый ангидрид
Фенолофурановые	ФФ-65, ФФ-65С	Метанол, формальдегид, фенол, фурфурол, фурфуриловый спирт	Оксид углерода, метанол, формальдегид, фенол, бензол, предельные углеводороды, фурфурол, фурфуриловый спирт, сернистый ангидрид
Карбамидоформальдегидные	КФ-МТ, М-19-62, УКС, М-3, КФ-Ж	Метанол, формальдегид, аммиак	Оксид углерода, метанол, формальдегид, предельные углеводороды, аммиак, цианиды, окислы азота, фосфорный ангидрид
Карбамидофурановые	КФ-90, БС-40, УКС с фуриловым спиртом, КФ-МТ с фуриловым спиртом	Метанол, формальдегид, фурфурол, фурфуриловый спирт	Оксид углерода, метанол, формальдегид, предельные углеводороды, аммиак, цианиды, окислы азота, фурфурол, фурфуриловый спирт, фосфорный ангидрид
Фенолокарбамидоформальдегидные	ТОЛ, ФМЛ, СФ-411, ФПР-24, КФФ-Л	Метанол, формальдегид, фенол, аммиак	Оксид углерода, метанол, формальдегид, предельные углеводороды, аммиак, цианиды, окислы азота

Таблица Б.3 – Краткая токсикологическая характеристика вредных веществ [1]

Вещество	ПДК, мг/м ³	Класс опасности	Характер токсического действия
1	2	3	4
Оксиды азота (в пересчете на NO ₂)	5	3	Оказывает выраженное раздражающее и прижигающее действие на дыхательные пути, поражают альвеолярную ткань, что приводит к отеку легких; оказывают действие на артерии, вызывают расширение сосудов и снижение кровяного давления
Акролеин	0,2	2	Оказывает сильное раздражающее действие на слизистые оболочки; некоторое общее токсическое и слабое наркотическое действие
Аммиак	20	4	Оказывает раздражающее действие; в высоких концентрациях возбуждает нервную систему и вызывает судороги
Ацетон	200	4	Оказывает наркотическое действие; при выдыхании в течение длительного времени накапливается в организме, медленное выведение из организма увеличивает опасность хронического отравления
Бензол	5	2	Оказывает наркотическое (отчасти судорожное) действие на центральную нервную систему, хроническое отравление может привести к смерти
Метанол	5	3	Сильный яд с резко выраженным кумулятивным действием; оказывает сильное раздражающее действие на слизистые оболочки дыхательных путей и глаз
Сернистый ангидрид	10	3	Оказывает сильное раздражающее действие на дыхательные пути, нарушает обменные и ферментные процессы

Продолжение таблицы Б.3

1	2	3	4
Предельные углеводороды (в пересчете на углерод)	300	4	При высоких концентрациях в воздухе оказывает наркотическое действие
Оксид углерода	20	4	Вытесняет кислород из оксигемоглобина крови, что препятствует переносу кислорода из легких к тканям; понижает содержание кислорода в крови, вызывает удушье. Оказывает токсическое действие на клетки, нарушая тканевое дыхание и уменьшая потребление тканями кислорода
Фенол	0,3	2	Сильный яд, оказывает общетоксическое действие, может всасываться через кожу
Формальдегид	0,5	2	Оказывает раздражающее действие на кожу и слизистые оболочки, обладает большой ядовитостью
Фосфорный ангидрид	1,0	2	Оказывает раздражающее действие на слизистые оболочки
Фурфуро-вый спирт	0,5	2	Оказывает угнетающее действие на центральную нервную систему, дыхание, снижает температуру тела, вызывает головокружение, тошноту
Фурфурол	10	3	Яд, вызывающий паралич, оказывает слабое раздражающее действие на слизистые оболочки

Приложение В

Таблица В.1 – Общая характеристика выбросов от вагранок [1]

Производительность вагранки, т/год	Показатели						
	Диаметр шахты вагранки, мм	Объем отходящих газов, тыс. м ³ /год	Температура газов (после искрогасителя), °С	Среднее количество вредных веществ, кг/год			
				Пыль	СО	SO ₂	NO _x
2	600	2,3	160	23	130	3	0,10
3	700	3,2	160	30	190	5	0,15
4	800	4,1	170	40	300	6	0,25
5	900	5,4	180	55	370	8	0,30
7	1100	7,8	200	80	500	11	0,45
10	1300	11,0	250	100	700	13	0,80
15	1500	14,5	250	140	920	17	1,20
20	1800	20,5	300	200	1100	30	1,80
25	2100	27,0	300	200	1500	32	2,20

Таблица В.2 – Дисперсный состав ваграночной пыли, % [1]

Дутье	Диаметр частиц, мкм					
	5	5...10	10...20	20...40	40...60	60
Холодное	5...14	2...12	5...6	6...12	12...26	70...30
Горячее	15...17	13...20	4...16	5...13	10...16	53...18

Таблица В.3 – Химический состав ваграночной пыли, % [1]

Компоненты пыли	Среднее значение	Предельные значения	Компоненты пыли	Среднее значение	Предельные значения
SiO ₂	30	10...45	С	30	10...64
CaO	4	2...18	PbO	–	до 8
Al ₂ O ₃	3	0,5...25	P ₂ O ₅	0,4	–
MgO	2	0,5...5	Na ₂ O	1,5	–
Fe(Fe ₂ O ₃ , FeO)	14	5...26	K ₂ O	1,0	–
MnO	2	0,5...9			

Приложение Г

Таблица Г.1 – Удельные выделения загрязняющих веществ при плавке чугуна в открытых чугунолитейных вагранках и электродуговых печах [3]

Тип плавильного аппарата	Удельное содержание загрязняющего вещества, кг/т				
	Пыль	Оксид углерода	Углеродороды	Оксиды азота	Диоксид серы
Открытая вагранка	19	200	2,4	0,014	1,5
Электродуговая печь, производительностью 7 т/ч	8,1	1,5	–	0,29	–

Таблица Г.2 – Количество выбрасываемых газов и пыли из дуговых печей различной вместимости [3]

Вместимость печи, т	Количество газов, выбрасываемых из печи, м ³ /ч		Средняя запыленность газов, г/м ³	Удельный выброс пыли, кг/т
	без подсоса воздуха	с подсосом воздуха		
5	700	2000	27	9,4
10	1100	4000	22	8,8
20	2200	8000	18	8,1
40	3900	16000	15	7,0
100	7800	40000	14	6,6

Таблица Г.3 – Химический состав (% масс.) пыли, выделяющейся при плавке в ЭДП [1]

Вещество	ЭДП вместимостью, т		
	3	6	6
	с футеровкой		
	кислой	кислой	основной
SiO ₂	25,340	27,100	0,100
ZnO	12,700	13,000	7,400
Fe ₂ O ₃	54,700	56,500	44,000
CaO	0,710	0,500	14,900
Pb	0,563	0,334	1,432
Cd	0,004	0,004	0,014
Cr	0,085	0,091	0,144
Mn	9,120	4,63	4,340

Таблица Г. 4 – Удельные выделения загрязняющих веществ, кг/т, при выплавке стали и чугуна в индукционных печах [1]

Вредные выбросы	Выплавка стали	Выплавка чугуна
Пыль	0,64...2,12	0,75...1,5
Оксид углерода	0,1...0,16	0,1...0,13
Окислы азота	0,06...0,09	0,06...0,08
Прочие	0,15...0,26	0,12...0,21

Приложение Д

Таблица Д.2 – Удельные выделения загрязняющих веществ, кг/т, при плавке цветных металлов и сплавов [3]

Тип плавильного аппарата	Удельное содержание загрязняющего вещества, кг/т				
	Пыль	Оксиды азота	Диоксид серы	Оксид углерода	Прочие вещества
Индукционные печи	1,2	0,7	0,4	0,9	0,2
Электродуговые печи	1,8	1,2	0,8	1,1	0,3
Печи сопротивления	1,5	0,5	0,7	0,5	0,3
Газомазутные плавильные печи (плавка алюминия)	2,8	0,6	0,6	1,4	0,18

Приложение Е

Таблица Е.1 – Количество окиси углерода, которая выделяется при заливке металла в формы [4]

Масса отливки, т	СО, кг/т
0,1	1,05
0,2...0,3	0,90
0,5...1	0,75
1...2	0,70
5	0,55
10	0,5
20	0,4

Таблица Е.2 – Удельное газовыделение, мг/(кг·ч), при заливке и охлаждении форм и стержней из ХТС [1]

Связующие	Оксид углерода	Метанол	Фенол	Бензол	Формальдегид	Фурфурол	Аммиак	Цианиды	Приведенное (в пересчете на СО)
Карбамидоформальдегидные:									
М-3	45,6	72,3	–	–	46,3	–	383,0	107,9	9800
ВК-1	61,6	41,7	–	–	39,4	–	205,8	75,5	7000
Карбамидофурановые:									
КФ-90	587,1	12,1	–	–	–	0,2	190,1	56,2	4600
БС-40	146,1	20,9	–	–	0,1	0,1	815,3	84,5	6700
Фенолформальдегидные:									
РСФ-3010	551,2	5,5	389,7	418,3	–	–	–	–	28200
СФ-3042	498,6	15,8	222,5	419,4	–	–	–	–	17100
Фенолформальдегидофурановые «Фуритол-68»	1754,9	22,1	38,4	278,1	1,5	1,1	–	–	5700
Фурановые ПФС	173,9	5,4	–	538,6	–	0,9	–	–	2400
Карбамидофенолоформальдегидные КФФ-Л	461,8	192,4	66,0	15,8	–	–	629,2	698,0	

Примечания:

1 В качестве катализатора для всех карбамидоформальдегидных смол и КФФ-Л использовалась ортофосфорная кислота; для всех фенолформальдегидных – бензолсульфоуксусная кислота.

2 Содержание связующего в смеси 3 мас. ч. на 100 мас. ч. песка, во всех остальных смесях – не более 2 мас. ч.

Приложение Ж

Таблица Ж.1 – Интенсивность выделения вредностей при изготовлении стержней [4]

Связующие вещества	Интенсивность выделения вредных веществ	
	При заполнении ящиков смесью, мг/(кг·ч)	При отверждении смеси, мг/(дм ² ·ч)
Фенолформальдегидные (ОФ-1)	9,2	1,46
Карбамидоформальдегидные (УКС)	215	37,8
Карбамидофурановые (БС-40)	41	5,7
На основе синтетических смол УГТС	61	10,3

Таблица Ж.2 – Удельное газовыделение при изготовлении форм и стержней из ХТС [1]

Связующие	Удельное газовыделение									
	при заполнении ящиков смесью, мг/(кг·ч)					при отверждении смеси, мг/(дм ² ·ч)				
	Формальдегид	Метанол	Фенол	Фурфурол	Приведенное	Формальдегид	Метанол	Фенол	Фурфурол	Приведенное
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Карбамидоформальдегидные:										
М-3	0,66	124,2	–	–	13,1	0,09	20,07	–	–	2,2
ВК-1	1,20	104,7	–	–	10,6	0,15	16,1	–	–	1,8
Карбамидофурановые:										
КФ-90	2,90	280,8	–	0,72	31,0	0,30	43,6	–	0,09	4,7
БС-40	3,00	186,0	–	0,45	21,7	0,30	21,8	–	0,04	2,5
КФ-Ж (с фуриловым спиртом)	0,20	108,0	–	0,50	11,1	0,03	16,6	–	0,03	1,7

Продолжение таблицы Ж.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Фенолформальдегидные:										
РСФ-3010	4,90	11,7	1,30	–	9,2	0,08	2,0	0,20	–	1,5
СФ-3042	2,00	41,4	2,10	–	11,1	0,30	6,2	0,30	–	1,5
Фенолфурановые типа ФФ-65	1,10	25,2	0,50	–	4,5	0,10	2,9	0,01	–	0,6
Полифурановые ПФС	0,80	0,8	–	4,00	11,0	0,09	0,1	–	0,50	1,3
Карбамидофено- лоформальдегид- ные КФФ-Л	12,0	148,8	0,96	–	28,5	2,23	25,2	0,11	–	5,0

Примечания:

1 В качестве катализатора для всех карбамидоформальдегидных смол и КФФ-Л использовалась ортофосфорная кислота; для всех фенолформальдегидных – бензолсульфо кислота.

2 Содержание связующего в смеси 3 мас. ч. на 100 мас. ч. песка, во всех остальных смесях – не более 2 мас. ч.

Таблица Ж.3 – Газовыделение и условная токсичность при тепловом отверждении смесей (240°C) [1]

Связующее		Газовыделение, мг/кг					Условная токсичность при отверждении смеси
Марка	Содержание в смеси, %	Формальдегид	Фурфурол	Акролеин	Метанол	Фурфуриловый спирт	
КО	2,0	7,8*/1,2	0,7/0,10	27,0/0,5	7/0,7	–	152,1
КО + ЛСТ	2,0 + 3,0	20,9/2,9	6,1/0,50	27,7/2,0	123/19,0	–	205,5
УСК-1	2,0	7,1/0,6	0,6/0,4	25,0/0,9	4/0,7	–	140,1
УСК-1 + ЛСТ	2,0 + 3,0	16,0/2,7	6,5/0,30	24,0/0,8	100/15,2	–	172,7
СКТ-11	2,0	12,4/2,4	2,3/0,20	20,6/0,7	3,2/0,5	115/2,6	358,6
СКТ-11 + ЛСТ	2,0 + 3,0	31,7/4,1	4,5/1,10	25,6/1,3	108/0,5	89/11,7	391/4
ЛСТ	5,0	7,0/1,7	5,9/0,50	–	100/22,6	–	34/6

Примечание: * В числителе приведено значение при отверждении смеси, в знаменателе – при охлаждении.

Приложение К

Таблица К.1 – Выделение загрязняющих веществ при сушке форм и стержней [4]

Тип оборудования	Выделение веществ, кг/т						
	СО	NO	SO ₂	HF	Формальдегид	CH ₄	Акролеин
Горизонтальные конвейерные сушила	0,511	0,253	0,140	–	0,080	0,031	0,086
Конвейерные сушила	0,4	0,013	-	0,017	–	–	–
Вертикальные сушила	0,119	0,032	0,097	0,016	–	–	–
Камерные сушила	0,055-0,070	0,012	0,102	–	–	0,033	–

Приложение Л

Таблица Л.1 – Количество и дисперсный состав пыли, удаляемой от основных видов технологического оборудования литейных цехов [3]

Наименование оборудования	Количество пыли, мг/м ³	Дисперсный состав пыли (в % по массе) при размерах частиц, мкм						Объем отсасываемого воздуха, м ³ /ч
		до 5	5...10	10...20	20...40	40...60	более 60	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Склады шихты и формовочных материалов								
Дробилки щековые производительностью 30 т/ч	1600	2,60	10,00	18,2	30,40	18,30	20,50	500...2000
Мельницы шаровые производительностью 75 кг/ч	9000	45,00	27,30	19,20	5,00	2,50	1,00	900
Сушилка для песка и глины, м:								
d _c = 0,8, l _c = 4	–	–	–	–	–	–	–	1450
d _c = 1,2, l _c = 6	–	–	–	–	–	–	–	3250
d _c = 1,4, l _c = 7	300...500	–	–	–	–	–	100,00	4400
d _c = 1,6, l _c = 8	–	–	–	–	–	–	–	5700
d _c = 4, l _c = 10	–	–	–	–	–	–	–	8000
Смесеприготовительное отделение								
Бегуны смешивающиеся с вертикально вращающимися катками	1000	1,00	9,00	20,00	21,00	18,90	30,10	3000
То же, с горизонтально вращающимися катками	1000	1,00	9,00	20,00	20,00	20,00	30,00	15000, 18000

Продолжение таблицы Л.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сита плоские вибрационные (инерционные) С12-19 и плоские механические (качающиеся) СМ-50	2000	11,50	2,00	43,10	29,21	4,01	39,58	600...3000
Сита барабанные (полигональные) при просеивании материалов: холодных с температурой более 50°C	2000	–	2,00	9,5	17,40	20,70	50,40	1200...1500
	3000	0,50	12,00	30,50	24,50	15,00	18,00	1500...2000
Конвейеры ленточные	1000	–	–	–	–	–	–	более 300 на 1 м
Элеваторы ковшовые для сыпучих материалов: отсос от башмака при перемещении холодного материала отсос от головки при перемещении материала с температурой более 50°C	1000	–	0,80	4,00	18,00	21,40	55,80	по расчету
	2000	–	2,20	10,80	14,90	32,40	39,70	то же
Узлы пересыпания сухих сыпучих материалов	1000	3,40	4,00	17,40	21,80	8,40	45,00	то же

Продолжение таблицы Л.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Бункеры для оборотной формовочной смеси, сухого песка и сухой глины, загружаемые: через течи с ленточных конвейеров	2000	–	1,20	2,20	5,60	17,00	74,20	то же
	2000	0,30	1,00	3,40	7,00	15,90	72,40	то же
Отделение выбивки форм и стержней								
Решетки для выбивки форм высотой: от 30...60% ширины решетки 35% ширины решетки	800	6,00	8,00	22,00	26,00	23,00	15,00	12000
	2500	0,12	2,98	6,00	25,00	4,00	26,00	12000
Выбивные решетки площадью более 3 м ²	2500	5,80	7,80	30,20	23,60	11,60	21,00	16000
Станки вибрационные	2500	–	–	–	–	–	–	8000
Отделение обрубки, очистки отливок								
Барабаны очистные галтовочные периодического действия	3000	7,40	10,40	28,30	27,40	12,20	14,30	1800D ²
Камеры дробеструйные различных типов	3000...5150	0,50	2,50	11,00	20,90	40,10	25,00	1000...18000

Продолжение таблицы Л.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Станки обдирочно-шлифовальные	250...600	13,04	12,06	22,80	22,92	21,74	7,44	–
Установки для очистки мелкого литья	1000	6,70	5,50	24,70	9,00	2,50	31,60	3200
Барабаны очистные галтовочные модели 314	12500	1,60	8,30	27,40	29,73	17,30	15,70	11000
Машины очистные дробебетные	6000	0,70	1,70	8,50	14,00	21,40	51,00	6000
Барабаны дробебетные очистные	5400	0,70	3,00	14,60	39,10	21,20	21,40	8000
Столы дробебетные очистные	5650	–	1,00	10,00	10,50	11,30	67,20	6000
Камеры дробебетные очистные различных типов	4900...5500	1,00	2,00	12,00	13,80	30,70	40,50	8000...10000

Приложение М

Таблица М.1 – Выделение загрязняющих веществ при выбивке форм и стержней [10]

Оборудование	Выделение веществ, кг/т				
	Пыль	СО	SO ₂	NO _x	NH ₃
Подвесные вибраторы при высоте опоки над решеткой не менее 1 м	9,97	1,2	0,04	0,2	0,4
Решетки выбивные эксцентриковые производительностью до 2,5 т/год	4,8	1,0	0,03	0,2	0,3
Решетки выбивные инерционные грузоподъемностью, т/год до:					
– 10	7,9	1,1	0,03	0,2	0,4
– 20	10,2	1,2	0,04	0,3	0,6
– 30	22,3	1,2	0,04	0,3	0,6

Приложение Н

Таблица Н.1 – Концентрация пыли в воздухе и удельные выбросы пыли при различных способах очистки отливок [3]

Оборудование	Запыленность воздухе, мг/м ³	Количество выделяющейся пыли, кг/т литья	Количество отсасываемого воздуха, м ³ /ч
Очистные барабаны	4000...7000	4...7	1800D*
Обдирочные станки	25...440	0,4...7	1700
Дробеметные аппараты	5...60	0,08	17000
Дробеструйные камеры	53...76	0,04...0,06	–

Примечание: D* – диаметр барабана, м.

Приложение II

Таблица П.1 – Допустимые уровни звукового давления и эквивалентные уровни звука на рабочих местах [1]

Рабочие места	Уровень звукового давления, дБ в октавных полосах со среднегеометрической частотой, Гц									Уровень звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
В производственных помещениях цеха	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
За пультами в кабинах наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону; в помещениях лабораторий с шумным оборудованием, в помещениях для размещения шумных агрегатов вычислительных машин	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
В помещениях с речевой связью	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
В помещениях цехового управленческого аппарата, в рабочих комнатах конторских помещений, лабораториях	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60

Приложение Р

Таблица Р. 1 – Уровни звуковой мощности оборудования литейного цеха, L_N , дБ [2]

Оборудование	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц								Уровни звука
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Электропечь									
ДС-2	100	99	98	100	102	101	95	88	107
ДС-3	107	105	107	106	101	100	97	88	111
ДС-5	109	111	109	110	110	97	91	85	113
Бегуны									
размалывающие	100	103	102	97	90	88	85	79	98
смешивающие	106	104	104	113	99	95	86	79	104
Ленточный конвейер	105	106	107	99	96	92	89	85	103
Формовочная машина:									
266	110	109	103	110	111	105	104	102	117
234 (234 М)	113	110	113	114	112	109	107	100	119
Шаровая мельница									
типа:									
СМ-15	101	103	104	107	110	109	104	95	117
СМ-174	99	115	117	123	123	121	117	107	127

Продолжение таблицы П. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Очистной барабан	101	105	107	113	116	113	106	96	119
Пескомет мод. 296 М	104	110	113	105	100	96	94	91	108
Вибрационное плоское сито СМ 50	107	111	108	104	101	104	98	94	110
Трамбовка ТР-1	88	91	93	96	90	96	86	77	97
Пневматическая выбивная решетка	108	115	115	113	112	113	106	96	115
Инерционная решетка ИР-410:									
– пустая	98	99	102	107	110	111	96	96	113
– нагруженная	111	113	113	118	117	115	110	101	121

Приложение С

Таблица С.1 – Значение НКПВ и температура воспламенения ($t_{\text{воспл}}$) для металлических порошков [6]

Порошки (мельче 50 мкм)	НКПВ	Температура воспламенения, $t_{\text{воспл}}$, °С
Алюминий: распыленный	750	40
толченый	470	35
Магний: распыленный	490	10
молотый	475	20
толченый	480	20
Железо, восстановленное: водородом	290	120
углеродом	390	250
Железо: карбонильное	230	105
электролитическое	320	200
Титан	380	45
Цирконий	190	40
Ферромарганец ФМн78К	270	370
Силикокальций СК 25	42	490
Марганец металлический	190	320
Ферросилиций ФС75	150	1000

Приложение Т

Таблица Т.1 – Степени разрушения элементов объекта при различных избыточных давлениях фронта ударной волны

№ п/п	Элементы объекта	Разрушения			
		слабые	средние	сильных	полные
1	2	3	4	5	6
Производственные здания					
1	Массивные промышленные здания с металлическим каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью 25...50 т	20...30	30...40	40...50	50...70
2	Массивные промышленные здания с металлическим каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью 50...100 т	30...40	40...50	50...60	60...80
3	Промышленные здания с металлическим каркасом и бетонным заполнением стен с площадью остекления около 30 %	10...20	20...30	30...40	40...50
4	Доменные печи	20...40	40...80	80...100	Более 100
Некоторые виды оборудования					
1	Станки тяжелые	25...40	40...60	60...70	Более 70
2	Станки средние	15...25	25...35	35...45	Более 45
3	Станки легкие	6...12	12...15	15...25	Более 25
4	Краны и крановое оборудование	20...30	30...50	50...70	Более 70
5	Подъемно-транспортное оборудование	20...50	50...60	60...80	Более 80

Продолжение таблицы Т.1

1	2	3	4	5	6
6	Ленточные конвейеры на железобетонных эстакадах	5...6	6...10	10...20	20...40
7	Гибкие шланги для транспортировки сыпучих материалов	7...15	15...25	25...35	35...45
8	Электродвигатели мощностью до 2 кВт открытые	20...40	40...50	–	50...80
9	Электродвигатели мощностью до 2 кВт герметичные	30...50	50...70	–	80...100
10	Электродвигатели мощностью от 2 кВт до 10 кВт открытые	30...50	50...70	–	80...100
11	Электродвигатели мощностью от 2 кВт до 10 кВт герметичные	40...60	60...75	–	75...110
12	Электродвигатели мощностью 10 кВт и больше, открытые	50...60	60...80	–	80...120
13	Электродвигатели мощностью 10 кВт и больше, герметичные	60...70	70...80	–	80...120
14	Трансформаторы от 100 до 1000 кВт	20...30	30...50	50...60	Более 60
15	Генераторы на 100...300 кВт	10...25	25...35	35...50	50...70
16	Открытые распределительные устройства	15...25	25...35	–	–
17	Масляные выключатели	5...6	6...10	10...20	20...40
18	Контрольно-измерительная аппаратура	5...10	10...20	20...30	Более 30
19	Магнитные пускатели	20...30	30...40	40...60	–
20	Стеллажи	10...25	25...35	35...50	50...70
Коммунально-энергетические сети и транспорт					
1	Трансформаторные подстанции закрытого типа	30...40	40...60	60...70	70...80
2	Кабельные подземные линии	200...300	300...600	600...1000	Более 1000
3	Кабельные наземные линии	10...30	30...50	50...60	Более 60
4	Воздушные линии высокого напряжения	25...30	30...50	50...70	Более 70

Продолжение таблицы Т.1

1	2	3	4	5	6
5	Воздушные линии низкого напряжения	20...60	60...100	100...160	Более 160
6	Подземные чугунные и керамические трубопроводы	200...600	600...1000	1000...1200	Более 1200
7	Трубопроводы, углубленные на 20 см	150...200	250...300	300...500	Более 500
8	Трубопроводы наземные	20...50	50...130	Более 130	–
9	Трубопроводы на металлических или железобетонных эстакадах	20...30	30...40	40...50	–
10	Котельная	7...13	13...25	25...35	35...45
11	Подземные стальные трубопроводы диаметром до 350 мм	600...1000	1000...1500	1500...2000	Более 2000
12	Подземные стальные трубопроводы диаметром более 350 мм	200...350	350...600	600...1000	Более 1000
13	Водопровод заглубленный	100...200	200...1000	1000...1500	Более 1500
14	Подземные резервуары	20...50	50...100	100...200	Более 200
15	Частично углубленные резервуары	40...50	50...80	80...100	Более 100
16	Наземные резервуары	30...40	40...70	70...90	Более 90
17	Грузовые автомобили	20...30	30...50	55...665	Более 65
18	Гусеничная техника	30...40	40...80	80...100	Более 100
19	Железнодорожные пути	100...150	150...200	200...300	300...500
20	Подвижной железнодорожный состав	30...40	40...80	80...10	100...200
21	Металлические мосты с прогоном 30...45 м	50...100	100...150	150...200	Более 200

Приложение У

Мероприятия по повышению устойчивости элементов объекта

Мероприятия по повышению устойчивости здания:

- укрепление несущих конструкций здания установкой дополнительных колонн или ферм;
- укрепление цокольного этажа стойками и прогонами;
- установление новых перекрытий, подкосов, распорок;
- установление дополнительных связей между отдельными элементами сооружения;
- уменьшение прогона несущих конструкций установлением контрфорсов.

Мероприятия по повышению устойчивости оборудования, оргтехники, коммунальных сетей:

- прочное крепление оборудования на фундаменте;
- установка контрфорсов, которые повышают устойчивость станков к опрокидыванию;
- установка над оборудованием специальных защищающих конструкций;
- углубление наземных электролиний или трубопроводов в землю;
- установка дополнительных силовых элементов (для металлических конструкций);
- оснащение аварийного склада запасных частей и оборудования.

Приложение Ф

Таблица Ф. 1 – Государственные нормативно-правовые акты по охране труда (выдержка из Государственного реестра нормативно-правовых актов по вопросам охраны труда состоянием на 07.08.2008)

Позначення нормативного акта	Назва нормативного акта	Затвердження	
		Дата, номер документа	Організація
1	2	3	4
НОРМАТИВНО-ПРАВОВІ АКТИ, ДІЯ ЯКИХ ПОШИРЮЄТЬСЯ НА ДЕКІЛЬКА ВИДІВ ЕКОНОМІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ (код 0.00)			
НПАОП 0.00-1.01-07	Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів Зареєстровано:	18.06.07 Наказ № 132 09.07.07 № 784/14051	Держгірпромнагляд Мін'юст України
НПАОП 0.00-1.59-87	Правила будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском	27.11.87	Держгіртехнагляд СРСР
НПАОП 0.00-2.01-05	Перелік робіт з підвищеною небезпекою Зареєстровано:	26.01.05 Наказ № 15 15.02.05 № 232/10512	Держнаглядохоронпраці України Мін'юст
НПАОП 0.00-4.01-08	Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту Зареєстровано:	24.03.08 Наказ № 53 21.05.08 № 446/15137	Держгірпромнагляд Мін'юст України
Металургія (код КВЕД 27)			
НПАОП 27.0-1.01-08	Правила охорони праці в металургійній промисловості Зареєстровано:	22.12.09 Наказ № 289 29.01.09 № 87/16103	Держгірпромнагляд Мін'юст України
НПАОП 27.0-3.01-08	Норми безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам металургійної промисловості Зареєстровано:	27.08.08 Наказ № 187 01.10.08 № 918/15609	Держгірпромнагляд Мін'юст України

Продолжение таблицы Ф.1

1	2	3	4
НПАОП 27.1-1.01-09	Правила охорони праці у сталеплавильному виробництві Зареєстровано:	15.10.09 Наказ № 172 05.11.09 № 1038/17054	Держгірпромнагляд Мін'юст України
НПАОП 27.1-1.06-08	Правила охорони праці під час ремонту устаткування на підприємствах чорної металургії Зареєстровано:	20.08.08 Наказ № 183 16.09.08 № 863/15554	Держгірпромнагляд Мін'юст України
НПАОП 27.1-1.46-69	Правила техніки безпеки в мартенівському і електросталеплавильному виробництві	1969	ЦК профспілки робітників авіаборонпрому
НПАОП 27.1-5.02-81	Типова інструкція з безпеки праці для професій сталеплавильного виробництва	1981	Мінчормет СРСР
НПАОП 27.1-5.04-81	Типова інструкція з безпеки праці для робітників доменного виробництва	1981	Мінчормет СРСР
НПАОП 27.35-1.05-09	Правила охорони праці у феросплавному виробництві Зареєстровано:	15.10.09 Наказ № 173 05.11.09 № 1039/17055	Держгірпромнагляд Мін'юст України
НПАОП 27.4-1.02-89	Правила безпеки при виробництві нікелю, міді та кобальту	26.09.89	Держгіртехнагляд СРСР Мінкольормет СРСР
НПАОП 27.4-1.03-85	Правила безпеки при виробництві твердих сплавів і тугоплавких металів	24.12.85	Держгіртехнагляд СРСР Мінкольормет СРСР
НПАОП 27.4-1.06-77	Правила безпеки при виробництві олова і сплавів на його основі	28.06.77	Держгіртехнагляд СРСР Мінкольормет СРСР
НПАОП 27.4-7.15-86	ОСТ 48.264-86 Огородження рухомих частин устаткування. Загальні технічні вимоги	1986	Мінкольормет СРСР
НПАОП 27.5-1.15-97	Правила безпеки у ливарному виробництві	19.02.97 Наказ № 31	Держнаглядохоронпраці України

Продолжение таблицы Ф.1

1	2	3	4
НПАОП 27.5-1.33-89	Правила техніки безпеки при литті сталей і жаротривких сплавів за моделями, що виплавляються	16.12.89	Мінавіапром СРСР
НПАОП 27.5-1.45-61	Правила безпеки при роботі в ливарних цехах сталюого, чавунного та бронзового лиття	1961	ЦК профспілки робітників авіаоборонпрому
Виробництво та розподілення електроенергії (код КВЕД 40.1)			
НПАОП 40.1-1.01-97	Правила безпечної експлуатації електроустановок Зміни: Зареєстровано:	06.10.97 Наказ № 257 25.02.00 Наказ № 26 06.04.00 № 213/4434	Держнаглядохоронпраці України Держнаглядохоронпраці України Мін'юст України
НПАОП 40.1-1.21-98	Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів Зареєстровано:	09.01.98 Наказ № 4 10.02.98 № 93/2533	Держнаглядохоронпраці України Мін'юст України
НПАОП 40.1-1.32-01	Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок	21.06.01 № 272	Мінпраці України

Приложение Ц

Таблица Ц. 1 – Межгосударственные стандарты по охране труда

Обозначение нормативного акта	Название нормативного акта
1	2
ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ	Опасные и вредные производственные факторы. Классификация
ГОСТ 12.1.001-89 ССБТ	Ультразвук. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.1.002-84 ССБТ	Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах
ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ	Шум. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ	Пожарная безопасность. Общие требования

Продолжение таблицы Ц.1

1	2
ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ	Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны
ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ	Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля
ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ	Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности
ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ	Взрывобезопасность. Общие требования
ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ	Вибрационная безопасность. Общие требования
ГОСТ 12.1.014-84 ССБТ	Воздух рабочей зоны. Метод измерения концентраций вредных веществ индикаторными трубками
ГОСТ 12.1.016-79 ССБТ	Воздух рабочей зоны. Требования к методикам измерения концентрации вредных веществ
ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ	Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты
ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ	Электробезопасность. Защитное заземление, зануление
ГОСТ 12.1.044-89 ССБТ	Пожаробезопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения
ГОСТ 12.1.045-84. ССБТ	Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля
ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ	Оборудование производственное. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.2.007-88 ССБТ	Оборудование электротермическое. Требования безопасности
ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ	Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования
ГОСТ 12.2.033-84 ССБТ	Рабочие места при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования
ГОСТ 12.2.046-90 ССБТ	Оборудование технологическое для литейного производства. Требования безопасности
ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ	Оборудование производственное. Общие эргономические требования
ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ	Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам
ГОСТ 12.2.062-81. ССБТ	Оборудование производственное. Ограждения защитные
ГОСТ 12.2.072-82 ССБТ	Роботы промышленные. Роботизированные технологические комплексы и участки. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.3.002-75 ССБТ	Процессы производственные. Общие требования безопасности

Продолжение таблицы Ц.1

1	2
ГОСТ 12.3.005-75 ССБТ	Работы окрасочные. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.3.009-76 ССБТ	Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.3.027-92 ССБТ	Работы литейные. Требования безопасности
ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ	Средства защиты работающих. Общие требования и классификация
ГОСТ 12.4.026-76 ССБТ	Цвета сигнальные и знаки безопасности.
ГОСТ 12.4.103-83 ССБТ	Одежда специальная защитная, средства индивидуальной защиты ног и рук. Классификация
ГОСТ 12.4.125-83 ССБТ	Средства коллективной защиты работающих от воздействия механических факторов. Классификация
ГОСТ 17.2.1.04-77 ССБТ	Охрана природы. Атмосфера. Метеорологические аспекты загрязнения и промышленные выбросы. Основные термины и определения

Приложение Ш

Таблица Ш. 1 – Государственные стандарты Украины по охране труда

Обозначение нормативного акта	Название нормативного акта
ДСТУ 2272-93	Пожежна безпека. Терміни та визначення
ДСТУ 2300-93.	Вібрація. Терміни та визначення
ДСТУ 2325-93	Шум. Терміни та визначення
ДСТУ 2657-94	Машини та обладнання для механізації робіт у доменному виробництві. Загальні вимоги безпеки
ДСТУ 2687-94	Машини та обладнання для механізації робіт у сталеплавильному виробництві. Загальні вимоги безпеки
ДСТУ 2740-94	Виробництво виливків у металевих формах методом безперервного лиття. Вимоги безпеки
ДСТУ 3038-95	Гігієна. Терміни та визначення основних понять

Приложение Ш

Таблица Ш.1 – Санитарные нормы и правила, строительные нормы

Обозначение нормативного акта	Название нормативного акта
ДСН 3.3.6.037-99	Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку
ДСН 3.3.6.039-99	Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації
ДСН 3.3.6.042-99	Державні санітарні норми мікроклімату
ДСН 3.3.6.096-02	Державні санітарні норми і привила при роботі з джерелами електромагнітних полів
НАПБ А.01.001-2004	Правила пожежної безпеки України
ДБН В.2.5-28-2006	Природне та штучне освітлення

Навчальне видання

**АНАЛІЗ НЕБЕЗБЕЧНИХ І ШКІДЛИВИХ
ВИРОБНИЧИХ ФАКТОРІВ
У ЛИВАРНОМУ ВИРОБНИЦТВІ**

Методичні вказівки

для студентів спеціальностей ЛВ, ОЛВ
(Російською мовою)

Укладач ГЛИНЯНА Наталія Михайлівна

За авторським редагуванням

Комп'ютерне верстання С. П. Шнурік

31/2014. Формат 60 x 84/16. Ум. друк. арк. 5,98.
Обл.-вид. арк.4,44. Тираж 4 пр. Зам. № 46.

Видавець і виготівник
Донбаська державна машинобудівна академія
84313, м. Краматорськ, вул. Шкадінова, 72.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 1633 від 24.12.2003

Министерство образования и науки Украины
Донбасская государственная машиностроительная академия (ДГМА)

**АНАЛИЗ ОПАСНЫХ И ВРЕДНЫХ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ
В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

Методические указания

для студентов специальностей ЛП, ОЛП

Утверждено
на заседании
методического совета
Протокол № 9 от 19.06.2014

Краматорск
ДГМА
2014

УДК 658.382.3

Анализ опасных и вредных производственных факторов в литейном производстве : методические указания для студентов специальностей ЛП, ОЛП / сост. Н. М. Глиняная. – Краматорск : ДГМА, 2014. – 103 с.

Содержит рекомендации по выполнению раздела дипломного проекта, посвященного анализу опасных и вредных производственных факторов в литейном производстве, а также указания, касающиеся анализа устойчивости работы промышленного объекта в условиях чрезвычайной ситуации.

Предназначено для студентов высших учебных заведений технического профиля дневной и заочной форм обучения специальностей ЛП, ОЛП.

Составитель Н. М. Глиняная, доц.

Отв. за выпуск А. П. Авдеенко, проф.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 АНАЛИЗ ОПАСНЫХ И ВРЕДНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ В ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХАХ.....	7
1.1 Классификация опасных и вредных производственных факторов.....	7
1.2 Химические опасные и вредные производственные факторы	9
1.2.1 Классификация веществ по степени опасности.....	9
1.2.2 Особенности токсичности металлов	10
1.2.3 Токсичность некоторых веществ и их соединений	12
1.2.4 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.....	19
1.2.5 Вредные вещества в литейном производстве и их действие на организм человека	21
1.2.6 Канцерогенные вещества в литейном производстве.....	23
1.2.7 Основные источники пыли и газозадушных выбросов в литейном производстве.....	25
1.3 Физические опасные и вредные производственные факторы.....	34
1.3.1 Теплота.....	34
1.3.2 Шум в литейных цехах.....	36
1.3.3 Вибрация в литейных цехах.....	44
1.3.4 Ультразвук	46
1.3.5 Электромагнитные поля и излучения	47
1.3.6 Ионизирующие излучения	52
1.3.7 Электрический ток	53
1.3.8 Транспортные средства	54
1.3.9 Взрыво-, пожароопасность в металлургических цехах.....	55
2 БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ	63
2.1 Факторы, влияющие на устойчивость работы промышленного объекта в условиях ЧС.....	63
2.2 Анализ устойчивости работы производственного цеха к действию воздушной ударной волны.....	63
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	67
Приложение А	68
Приложение Б.....	70
Приложение В.....	75
Приложение Г	76
Приложение Д.....	78
Приложение Е.....	78
Приложение Ж.....	80
Приложение К.....	84

Приложение Л.....	85
Приложение М.....	89
Приложение Н.....	89
Приложение П.....	90
Приложение Р.....	91
Приложение С.....	93
Приложение Т.....	94
Приложение У.....	97
Приложение Ф.....	98
Приложение Ц.....	100
Приложение Ш.....	102
Приложение Щ.....	103

ВВЕДЕНИЕ

В пояснительной записке дипломного проекта при выполнении раздела, посвященного охране труда и безопасности в чрезвычайных ситуациях, особое внимание должно быть уделено детальному анализу опасных и вредных производственных факторов, которые могут иметь место при выполнении всех технологических операций производственного цикла.

При внедрении новой технологии, которая еще не регламентирована действующими правилами безопасности, первоочередной задачей является обеспечение безопасных и безвредных условий труда на каждом рабочем месте.

Согласно ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» опасные и вредные производственные факторы подразделяются на физические, химические, психофизические, биологические. Для литейных цехов характерны, как правило, опасные и вредные производственные факторы первых трех групп.

Студентам специальности ЛП рекомендуется провести анализ опасных и вредных производственных факторов для основных производственных участков (отделений) в соответствии с планом проектируемого цеха, студентам специальности ОЛП для основных технологических процессов проектируемой линии.

К химическим опасным и вредным производственным факторам в литейных цехах можно отнести:

- газы, пары (необходимо указать источники выделения вредных веществ, их фактическую и предельно допустимую концентрации (ПДК));
- пыль (необходимо указать источники выделения пыли, вещества входящие в состав пыли, их фактическую концентрацию и ПДК);

К физическим опасным производственным факторам относятся:

- расплавленный металл, брызги расплавленного металла, раскаленный металл;
- опасные зоны оборудования, автоматизированных участков, конвейерных линий, роботизированных участков;
- повышенное напряжение в электросети (необходимо указать электрооборудование и фактическое значение напряжения);
- подъемно-транспортное оборудование;
- внутрицеховой транспорт;

К физическим вредным производственным факторам относятся:

- факторы, формирующие микроклимат, такие как температура воздуха рабочей зоны, относительная влажность, скорость движения воздуха (необходимо указать источники избыточных тепловыделений, влажности, воздушных потоков; фактические и предельно допустимые значения параметров микроклимата);
- шум (необходимо указать источники шума, фактические значения уровня шума, предельно допустимый уровень (ПДУ));

- вибрация (необходимо указать источники вибрации, фактические значения вибрации, ПДУ);
- излучения (необходимо назвать источники электромагнитных, ионизирующих и др. излучений, привести их фактические значения, ПДУ).

Психофизическими факторами являются:

- физические, например, динамические нагрузки при ручном перемещении грузов и др. видах физических работ; статическое перенапряжение (необходимо указать, при выполнении каких именно производственных операций данные нагрузки имеют место);
- психические, например, утомление из-за монотонности труда, высокой концентрации внимания и др. (необходимо указать, при выполнении каких производственных операций данные нагрузки имеют место).

При выполнении раздела дипломного проекта, который посвящен анализу устойчивости работы промышленного объекта в условиях чрезвычайной ситуации, обусловленной взрывом газовой воздушной углеводородсодержащей смеси, а именно к воздействию воздушной ударной волны, рекомендуется следующая последовательность рассмотрения вопросов:

- необходимо рассчитать величину избыточного давления ударной волны в месте расположения промышленного объекта;
- составить сводную таблицу, содержащую характеристику основных элементов объекта, степень разрушения для каждого элемента объекта при разных избыточных давлениях ударной волны;
- определить предел устойчивости каждого элемента как границу между слабыми и средними разрушениями;
- определить предел устойчивости работы объекта в целом по минимальному пределу устойчивости элементов, входящих в состав промышленного объекта;
- дать определение критерия устойчивости объекта к действию ударной волны;
- провести сравнительный анализ теоретически полученного значения предела устойчивости работы объекта с расчетной величиной избыточного давления фронта ударной волны в месте расположения объекта и сделать вывод об устойчивости работы объекта в условиях данной ЧС;
- в том случае, если объект признан неустойчивым к действию ударной волны, необходимо внести предложения для повышения устойчивости каждого неустойчивого элемента объекта.

Обоснование выбора технологических схем, оборудования, технологических решений, используемых в дипломном проекте, в первую очередь, должно базироваться на безопасности производственных процессов, основного и вспомогательного технологического оборудования, производственных условий труда для работающих, с целью недопущения травматизма на производстве, снижения уровня профессиональных заболеваний, для создания оптимальных условий труда.

1 АНАЛИЗ ОПАСНЫХ И ВРЕДНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ В ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХАХ

1.1 Классификация опасных и вредных производственных факторов

В соответствии с ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» опасные и вредные производственные факторы подразделяются на следующие группы:

1 *Физические* опасные и вредные производственные факторы: движущиеся машины и механизмы; незащищенные подвижные элементы производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; разрушающиеся конструкции; обрушивающиеся горные породы; повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны; повышенный уровень шума; повышенный уровень вибраций; повышенный уровень инфразвуковых колебаний; повышенный уровень ультразвука; повышенное или пониженное барометрическое давление в рабочей зоне; повышенная или пониженная влажность воздуха; повышенный уровень ионизирующих излучений в рабочей зоне; повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; повышенный уровень статического электричества; повышенный уровень электромагнитных излучений; повышенная напряженность электрического поля; повышенная напряженность магнитного поля; отсутствие или недостаток естественного света; недостаточная освещенность рабочей зоны; повышенная яркость света; пониженная контрастность; прямая или отраженная блескость; повышенная пульсация светового потока; повышенный уровень ультрафиолетовой радиации; повышенный уровень инфракрасной радиации; острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов; расположение рабочего места на значительной высоте относительно поверхности земли (пола).

2 *Химические* опасные и вредные производственные факторы.

По воздействию на организм человека они подразделяются на такие:

- общетоксические, которые действуют отравляюще на весь организм, поражают центральную нервную систему (СО, CNS H₂S, ароматические углеводороды);
- раздражающие, действующие на слизистую оболочку глаз, слизистую поверхность верхних дыхательных путей (кислоты, щелочи, Cl₂, NO₂, SO₂ в небольших концентрациях);
- сенсibiliзирующие, при воздействии которых повышается чувствительность организма человека к данным веществам, обладают аллергическим действием, вызывают кожные, астматические явления (ртуть, ароматические нитро- и нитрозосоединения, нитролаки, аминсоединения);

- канцерогенные, которые приводят к возникновению злокачественных опухолей (продукты перегонки нефти, асбест и т. п.);
- мутагенные, вызывающие изменение наследственного аппарата человека, что приводит к возникновению мутаций и передаче их потомкам (соединения свинца, ртути, бенз[α]пирен).

По пути проникновения в организм человека химические вещества подразделяются на проникающие:

- через органы дыхания;
- через пищеварительную систему;
- через кожные покровы и слизистые оболочки.

3 **Биологические** опасные и вредные производственные факторы: патогенные микроорганизмы (бактерии, вирусы, спирохеты, грибы и т. д.), вызывающие различные заболевания; макроорганизмы.

4 **Психофизические** опасные и вредные производственные факторы по характеру воздействия подразделяются на:

- физические (статические и динамические перегрузки);
- нервно-психические (умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов, монотонность труда, эмоциональные перегрузки и т.п.).

Один и тот же опасный и вредный производственный фактор по природе своего действия может относиться одновременно к различным группам.

В разделе диплома, который посвящен анализу опасных и вредных производственных факторов, необходимо осуществить анализ всех видов производственного оборудования с точки зрения опасности для работников цеха, сравнить с данными аналогичного оборудования и обосновывать выбор решения в проекте. Также необходимо осуществить оценку каждого производственного процесса с точки зрения влияния на работающих постоянных и периодических опасных факторов. **Постоянные** – это опасные факторы, которые всегда присутствуют при выполнении технологического процесса. Например, при выпуске чугуна из вагранки в ковш всегда имеется опасность попадания жидкого металла на рабочего, который осуществляет эту технологическую операцию. **Периодические** – это факторы, которые возникают непредвиденно во время выполнения технологического процесса, например, прогар воздушных фурм в вагранке, прорыв футеровки, выброс стали при раскислении в ковше, повреждение электрической изоляции, обрыв тороса подъемного механизма и т. п.

Рассмотрим подробнее группы опасных и вредных производственных факторов с учетом особенностей литейного производства.

В литейных цехах основными опасными и вредными производственными факторами являются: пыль, пары и газы, избыточная теплота, повышенный уровень шума, вибраций, электромагнитных излучений, движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования, внутрицеховой транспорт и др.

1.2 Химические опасные и вредные производственные факторы

1.2.1 Классификация веществ по степени опасности

Вредные вещества по степени воздействия на организм человека подразделяются на четыре класса опасности: 1-й – вещества чрезвычайно опасные; 2-ой – вещества высокоопасные; 3-й – вещества умеренно опасные; 4-й вещества малоопасные. Отнесение вредного вещества к классу опасности производят по показателю, значение которого соответствует наиболее высокому классу опасности (табл. 1.1) [1].

Таблица 1.1 – Класс опасности вредных веществ в зависимости от норм и показателей

Показатель	Норма для класса опасности			
	1-го	2-го	3-го	4-го
ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	Менее 0,1	0,1...1,0	1,1...10,0	Более 10,0
Средняя смертельная доза при введении через желудок, мг/кг	Менее 15	15...150	151...5000	Более 5000
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу, мг/кг	Менее 100	100...500	501...2500	Более 2500
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/ м ³	Менее 500	500...5000	5001...50000	Более 50000
Коэффициент возможности индукционного отравления (КВИО)	Менее 300	300...30	29...3	Менее 3
Зона острого действия	Менее 6,0	6,0...18,0	18,1...54,0	Более 54,0
Зона хронического действия	Более 10,0	10,0...5,0	4,9...2,5	Менее 2,5

1.2.2 Особенности токсичности металлов

Между токсичностью соединений металлов и их физико-химическими свойствами (молекулярной массой, плотностью, температурой кипения, температурой плавления) есть определенная связь.

Токсичность относительно хорошо растворимых соединений металлов связана с нормальным потенциалом металла, потенциалом первичной ионизации атома металла, значением атомного радиуса, с растворимостью различных соединений металлов, прочностью кислородного соединения металла.

Токсические свойства различных металлов очень разнообразны. Поведение металлов в большой степени зависит от пути попадания в организм человека, так как на пути попадания в кровь из разных первичных депо (подкожная клетчатка, легочная ткань, кишечник) они встречаются разные по своим физико-химическим свойствам и по проницаемости физиологические барьеры [1].

Одним из важнейших факторов, определяющих токсические свойства металлов и характер их биологического действия, является способность металла проникать через клеточные мембраны во внутреннюю среду клеток. Легкость проникновения внутрь клеток связана, очевидно, с малым ионным радиусом (0,43 Å для бериллия, 0,47 Å – хрома, 0,90 Å – марганца и т.д.). Прочная связь металла с белком, которая различна у разных металлов, влияет на его поведение в организме.

Скорость всасывания металлов при одинаковом пути их попадания в организм определяется, прежде всего, физико-химическим состоянием металла в организме. На всасывание металлов влияет способность некоторых из них образовывать растворимые соединения с некоторыми биоконплексами, что объясняет их лучшую растворимость в биологических средах по сравнению с растворимостью в воде.

На растворимость одного металла может влиять другой металл. Растворимость кобальта в присутствии вольфрама значительно усиливается. Некоторые металлы (торий, церий, лантан, плутоний и др.) быстро выделяются из кишечника и поэтому мало выводятся через почки.

Характерное заболевание – «литейная лихорадка», которая вызывается вдыханием паров ряда металлов, в первую очередь, цинка, реже никеля, меди, железа, кобальта, свинца, марганца, бериллия, олова, сурьмы, кадмия и их оксидов. Некоторые металлы (хром, никель, бериллий, мышьяк и др.) обладают канцерогенным действием и способны вызывать рак различных органов.

Степень и характер токсичности соединений металлов определяется в большей мере катионом металла, чем анионом.

При острых отравлениях солями хрома, урана, ртути, мышьяка и других металлов могут возникнуть некротические изменения, т.е. омертвление какой-либо части организма.

При хронических интоксикациях некоторыми металлами, например, свинцом, ртутью, марганцем, могут возникать нарушения слуховой и вестибулярной функций организма.

Концентрации, вызывающие острое отравление организма, настолько велики, что практически в производственных условиях не встречаются. Возникают только хронические отравления, например, свинцом, марганцем и др., которые являются следствием кумуляции, т.е. накопления в организме проникшего в него вещества, но известную роль играет и функциональная кумуляция, т.е. накопление изменений, вызываемых новыми порциями поступающего вещества.

Некоторые металлы и их соединения могут вызывать аллергические реакции, связанные с необычной реакцией организма при повторном или многократном воздействии тех или иных веществ. К числу заболеваний аллергического происхождения относят бронхиальную астму, некоторые заболевания сердца, поражения кожи, глаз, носа и др. Свойствами аллергенов обладают ртуть, кобальт, никель, хром, платина, бериллий, мышьяк, золото, цинк и некоторые их соединения.

Многие металлы являются биологическими микроэлементами, находящимися в крови, печени, мышцах, железах внутренней секреции, костях. Их содержание очень невелико ($10^{-3} \dots 10^{-2} \%$), однако они играют определенную биологическую роль в нормальных физиологических процессах организма (в процессах обмена веществ, роста, тканевого дыхания, кроветворения и др.) Недостаток или избыток микроэлементов против нормального содержания приводит к нарушениям тех или иных функций организма и заболеваниям. К числу биоэлементов относятся ванадий, железо, калий, кальций, кобальт, кремний, магний, марганец, медь, молибден, натрий, стронций, фосфор, цинк. К биогенным металлам, которые находятся в животных организмах, относятся также алюминий, барий, бериллий, висмут, галлий, германий, кадмий, литий, мышьяк, никель, олово, ртуть, рубидий, свинец, серебро, сурьма, титан, уран, хром, цезий и др. [1].

В производственных условиях в литейных цехах наибольшую опасность представляют загрязнения воздушной среды, из-за чего происходит попадание токсических веществ внутрь организма человека при вдыхании. Кроме того, возможен непосредственный контакт при оседании загрязнений на наружные поверхности организма – кожные покровы, глаза. Не исключена возможность попадания токсических веществ в организм человека при заглатывании загрязненной пищи.

При многокомпонентном загрязнении воздуха возможно усиление токсического действия. Например, смеси, содержащие карбиды вольфрама, титана и кобальта, обладают более выраженным действием, чем пыль отдельных компонентов.

Загрязнение воздушной среды цеха металлами и их соединениями при осуществлении технологических процессов происходит механическим или физико-химическим путем.

При измельчении и перегрузке сырых материалов, ломке футеровки печей, очистке от окалина и т.п. воздух загрязняется пылью, образуются аэрозоли,

дисперсной фазой которых являются пылинки различного качественного состава, разных размеров и форм. При плавке, выпуске и разливке металлов возможна конденсация паров металлов; образуются аэрозоли, дисперсную фазу которых составляют частицы металлов и их соединений с другими веществами.

Металлы в воздухе иногда находятся в разновалентном состоянии, чем может определяться разница в их токсическом воздействии. Образующиеся пары металлов быстро конденсируются и окисляются, а степень окисления зависит от окружающих условий.

Интенсивность выделения паров металлов зависит от их упругости. Оценить опасность загрязнения воздуха парами металлов можно, зная упругость металла, его оксидов и других соединений, которые образуются при температурах данного технологического процесса. Следует учитывать, что испарение некоторых металлов начинается раньше плавления. Может происходить изменение валентности металла в его аэрозоле. Летучесть разных соединений металлов различна. Так, соединения меди с мышьяком очень летучи, а соединения железа с мышьяком малолетучи.

Степень загрязнения воздуха (при прочих одинаковых условиях) зависит и от его подвижности.

1.2.3 Токсичность некоторых веществ и их соединений

Опасным действием на организм человека обладают, прежде всего, ионы металлов, пылевидная фракция, а также соли металлов [1].

Алюминий Al. Атомная масса (Ат. м.) 26,9815; температура плавления (т. пл.) 660 °С; температура кипения (т. кип.) 2452 °С; плотность (плотн.) 2,702 г/см³.

ПДК для алюминия и его сплавов (в пересчете на Al) 2 мг/м³.

Токсическое действие. При вдыхании пыли или дыма возникает поражение легких. Особенно токсичны мышьяковистый алюминий и силикофтористый алюминий, токсические свойства которых создаются радикалом, соединенным с атомом алюминия. При попадании частиц алюминия в глаза происходят очаговые отравления, изменяется капсула хрусталика, пигментация роговицы, возникает помутнение стекловидного тела. Возможно раздражение слизистых оболочек глаз, носа, рта, половых органов, поражение кожи; может возникнуть фиброз легких («алюминоз»).

Барий Ba. Ат. м. 137,33; т. пл. 727 °С; т. кип. 1637 °С; плотн. 3,78 г/см³.

ПДК для пыли BaSO₄ (при содержании менее 10 % SiO₂) 5 мг/м³; для BSiO₃ 2 мг/м³.

Токсическое действие. Нерастворимые соли бария, в частности, сульфат не ядовиты. Растворимые соединения бария, например, хлорид, сульфид, оксид бария и др. ядовиты. При попадании через рот оказывают раздражающее действие. Соединения бария вызывают воспалительные заболевания головного

мозга, действуют на гладкую и сердечную мускулатуру. Могут вызывать пневмокониоз. Пыль барита и серноокислого бария (при длительном воздействии) может вызвать поражение легких. Минерал барит и чистый серноокислый барий практически безвредны. Более выраженным токсическим действием обладает хлористый барий, несколько меньшим – азотноокислый барий, окись и перекись бария; наименее токсичны углекислый и уксуснокислый барий. Пыль барита и серноокислого бария (при длительном воздействии) может вызвать заболевание легких.

Ванадий V. Ат. м. 50,942; т. пл. 1920 °С; т. кип. 3400 °С; плотн. 6,11 г/см³.

ПДК для дыма оксида ванадия (V) 0,1 мг/м³; для феррованадия (V), для пыли ванадий содержащих шлаков 4 мг/м³; для пыли и оксида ванадия (III) и (V) 0,5 мг/м³.

Токсическое действие. Соединения ванадия имеют различную токсичность. Оказывают быстрое раздражающее действие на дыхательный тракт и слизистую оболочку глаз. При этом долго нет болей, плохо ощущаются больным и другие болезненные симптомы заболевания, затем развиваются острые и хронические заболевания дыхательных путей с носовыми кровотечениями, возможны воспаление легких, склероз легких, эмфизема легких; также возможны изменения в сердечно-сосудистой системе, функциональные изменения нервной системы, нарушение синтеза белка организмом, что приводит к похудению, угнетение синтеза гемоглобина крови, вследствие чего снижается содержание витамина С. Возникает одышка, анемия и снижается количество лейкоцитов. Появляются воспалительно-аллергические заболевания кожи, реже – бронхиальная астма. Характерными признаками хронического отравления являются изменения слизистых оболочек дыхательного тракта (сухость, рубцы, эрозии). При длительном воздействии возникают дрожание конечностей, неврастения, воспаление зрительного нерва и сетчатки может привести к слепоте, нарушается деятельность сердечно-сосудистой системы, растет количество холестерина в крови. Признаками поражения нервной системы являются следующие: головная боль, усталость, потливость, подавленное состояние, дрожание рук, повышенная чувствительность кожи конечностей.

Пыль металлического ванадия при хроническом действии вызывает изменения в желудочно-кишечном тракте, печени, почках. Пыль ванадиевого шлака может оказывать раздражающее и общетоксическое действие.

Оксид ванадия (III) оказывает умеренное раздражающее действие; оксид ванадия (V) при вдыхании или попадании через рот вызывает воспалительные изменения в органах дыхания и желудочно-кишечном тракте. Соли ванадия (ванадаты, хлориды) хорошо всасываются из желудочно-кишечного тракта.

Производственная пыль ванадия, феррованадия и карбида ванадия обладает выраженным хроническим местным и общим токсическим действием. Длительное действие приводит к хроническому бронхиту, промежуточному склерозу легких, при попадании яда через рот возникает катар желудка.

Хроническое общетоксическое действие приводит к изменениям в печени и почках; ванадийсодержащие аэрозоли сложного состава быстрее вызывают пневмокониоз.

Вольфрам W. Ат. м. 183,85; т.пл. 3370...3390 °С; т.кип. 5900...6000 °С; плотн. 19,3 г/см³.

ПДК для вольфрама и карбида вольфрама 6 мг/м³.

Токсическое действие. Некоторые соединения вольфрама более токсичны, чем соединения молибдена. Вольфрам, его оксид и карбид могут вызвать начальные явления пневмосклероза. Соединения вольфрама могут вызывать также заболевания кожи. Хлорид вольфрама обладает общетоксическим и значительным прижигающим действием, а также раздражающим действием на глаза; оказывает более выраженное общетоксическое действие, чем его оксиды (из-за большой растворимости). Действие хлорида вольфрама на кожу напоминает действие соляной кислоты. Вызывает дистрофию печени вследствие нарушения питания тканей, изменение в желудке и почках.

Сплавы железа

Ферромарганец. При большом выделении пыли возможны изменения в центральной нервной системе, в крови, частичный паралич, слабость мышц, замедление речи. Оказывает токсическое действие, свойственное марганцу. Пыль ферромарганца может при длительном воздействии вызывать нарушения типа пневмокониоза; она более токсична, чем пыль силикомарганца.

Ферромолибден. Действие пыли значительно менее токсично, чем пыли молибдена.

Ферроникель. Действие пыли значительно менее токсично, чем пыли никеля.

Ферросилиций. При хранении, транспортировке, размоле, увлажнении выделяется в воздух фосфористый (а иногда и мышьяковистый) водород (особенно при содержании 30...70% Si), вызывающий отравление, которое может привести и к смертельному исходу. Симптомами отравления являются отрыжка, тошнота, рвота, понос, потеря аппетита, слабость.

Кальций Са. Ат. м. 40,08; т. пл. 842 °С; т.кип. 1495 °С; плотн. 1,54 г/см³ (20 °С).

ПДК для кальция алюмохромфосфата (в пересчете на CrO₃) 0,01 мг/м³; для кальция никельхромфосфата (по Ni) 0,05 мг/м³.

Токсическое действие. Дым, выделяющийся при горении кальция на воздухе, состоит из оксида кальция, он оказывает разъедающее действие на кожу, глаза и слизистые оболочки. Соединения кальция токсичны в виде оксидов, если содержат токсичный элемент. Карбид кальция вреден из-за выделения ацетилена при контакте карбида с влагой; обладает прижигающим действием, вызывает язвы на коже; опасно попадание в глаза. Оксид кальция и гидрат оксида кальция дают щелочную реакцию и поэтому разъедают кожу и органы дыхания. В виде пыли вызывают воспаление легких, дерматит, раздражение глаз и слизистых оболочек. Оксид кальция, подобно щелочи, омыляет жиры, поглощает влагу из кожи, растворяет белки, раздражает и прижигает ткани, слизистую оболочку глаз, вызывает ожоги кожи.

Кобальт Со. Ат. м. 58,9332; т. пл. 1494 °С; т. кип. 2960 °С; плот. 8,9 г/см³.

ПДК для кобальта и оксида кобальта 0,5 мг/м³.

Токсическое действие. Кобальт – биологически важный элемент, кобальт (и витамин В₂ в котором он содержится) необходим для кроветворения, стимулирует образование красных кровяных клеток и гемоглобина. Большие дозы кобальта вызывают токсическое действие. Возможны поражения почек и печени, воспалительные и склеротические изменения в легких, катар верхних дыхательных путей, хронический бронхит, гипотония, влияние на сердечно-сосудистую и центральную нервную систему. При контакте с кожей вызывает острый дерматит, красные пузыри, узелки и отеки на открытых частях тела, а иногда и на закрытых. Возможны нарушения в органах пищеварения. Степень токсического действия оксидных соединений кобальта зависит от валентности металла. Закись кобальта более токсична, чем его оксид. Металлический кобальт обладает более выраженным острым токсическим действием, чем его оксиды. Пыль металлического кобальта, наряду с действием на легочную ткань, обладает также общерезорбтивным действием (способностью попадать в кровь).

Карбонил кобальта [Co(CO)₄]₂ значительно менее токсичен, чем карбонилы железа и никеля.

Кремний Si. Ат м. 28,086; т.пл. 1410 °С; т. кип. 3249 °С; плотн. 2,33 г/см³.

ПДК для кремнемедистого сплава 4 мг/м³.

Токсическое действие. Кремний малоядовит. Соединения кремния обладают различной токсичностью, особенно опасен кремнезем. Растворимые силикаты калия и натрия вызывают кожные заболевания. Галогеновые соединения кремния раздражают слизистые оболочки. Пыль силумина по действию занимает промежуточное место между алюминием и кремнеземом.

Кремния диоксид SiO₂. Молярная масса 60,0848; т. пл. 1710 °С; т.кип. 2930 °С; плотн. 2,2 г/см³ (аморфный), 2,6 г/см³ (кристаллический).

ПДК для различных модификаций диоксида кремния приведены в таблице 1.2 [1].

Таблица 1.2 – ПДК различных модификаций диоксида кремния

Модификации диоксида кремния	ПДК, мг/м ³
1	2
Кремния диоксид аморфный в виде аэрозоля конденсации при содержании: более 60 % от 10 до 60 %	1 2
Кремния диоксид аморфный в смеси с оксидами марганца в виде аэрозоля конденсации с содержанием каждого их них не более 10 %	1
Кремния диоксид аморфный и стеклообразный в виде аэрозоля дезинтеграции (диатомит, кварцевое стекло, плавленный кварц, трепел)	1

Продолжение таблицы 1.2

1	2
Кремния диоксид кристаллический (кварц, кристобалит, тридимит) при содержании в пыли:	
более 70 % (кварцит, динас и др.)	1
от 10 до 70 % (гранит, шамот, слюда-сырец, углепородная пыль)	2
от 2 до 10 % (горючие кукерситные сланцы, медно-сульфидные руды)	4

Токсическое действие. При вдыхании пыли, содержащей SiO_2 , возникает хроническое заболевание легких – силикоз (разрастание соединительной ткани легких), которое приводит к нарушению дыхательной и других функций легких. Степень воздействия зависит от модификации SiO_2 (тридимит, кристобалит, кварц) и степени дисперсности аэрозоля. Силикоз в ряде случаев осложняется туберкулезом (силикотуберкулезом), а также возможен и рак легких. При силикозе может возникать общетоксическое действие, связанное, очевидно, с растворимостью кремнезема в тканевых жидкостях, которое выражается изменениями в крови.

Магний Mg. Ат. м. 24,305; т.пл. 650 °С; т.кип. 1105 °С; плотн. 1,74 г/см³ (20 °С).

ПДК для магния хлората 5 мг/м³.

Токсическое действие. Вдыхание магния и свежего сублимированного оксида магния может вызвать «литейную лихорадку». При длительном воздействии магния наблюдается хроническое атрофическое воспаление слизистых оболочек носа и горла, катаральное состояние слизистых оболочек верхних дыхательных путей, повышение артериального давления, изменения в крови. Возможно заболевание желудка, торможение центральной нервной системы, паралич скелетных мышц. Металлический магний может травмировать кожу, вызывая воспалительно-гнойные процессы. Частицы металлического магния и его сплавов, перфорируя кожу, проникают через порезы и царапины, что может вызвать тяжелое местное поражение, характеризующееся образованием волдырей и острой воспалительной реакцией, часто с омертвением тканей. Воспалительная реакция заметна на месте повреждения, а также может быть симптомом воспаления лимфатических сосудов. Токсичность соединений магния зависит от его аниона.

Марганец Mn. Ат. м. 54,938; т. пл. 1244 °С; т.кип. 2080 °С; плотн. 7,44 г/см³.

ПДК оксидов марганца (в пересчете на MnO_2) составляет для аэрозоля дезинтеграции и для аэрозоля конденсации 0,3 мг/м³.

Токсическое действие. В норме в организме человека содержится 25...30 г марганца. Однако вдыхание дыма или пыли, аэрозолей марганца и его сплавов вызывает хроническое отравление, так как марганец и его оксиды являются

сильным ядом, действующим на центральную нервную систему, вызывая в ней тяжелые изменения; марганец действует также на легкие («манганокониоз»), печень, кровь, вегетативную систему. При отравлении может произойти чрезмерное развитие тканей головного и спинного мозга. Оказывает действие на кожу, вызывая дерматит, экзему. Хроническое отравление протекает в три стадии: I – функциональное поражение центральной нервной системы, а иногда и поражение желудка, симптомы полиневрита; II – органическое поражение центральной нервной системы; III – «марганцевый паркинсонизм» (дрожательный паралич, вследствие поражения головного мозга), желудочные расстройства, болезни печени и др.

Медь Cu. Ат. м. 63,546» т.пл. 1083,4 °С; т.кип. 2567 °С; плотн. 8,92 г/см³.

ПДК максимальная разовая для меди составляет 1 мг/м³, среднесменная 0,5 мг/м³.

Токсическое действие. В организме взрослого человека в норме содержится 100...150 мг меди. Оксиды меди вызывают «медную лихорадку», желудочно-кишечные расстройства, поражения в носу и верхних дыхательных путях, поражения кожи. Заглатывание может причинить желудочно-кишечные расстройства и кровотечение, воспаление почек.

Молибден Mo. Ат. м. 95,94; т. пл. 2623 °С; т. кип. 4800 °С; плотн. 10,2 г/см³.

ПДК для растворимых соединений в виде аэрозоля конденсации составляет 2 мг/м³; для растворимых соединений в виде пыли 4 мг/м³; для нерастворимых соединений максимальная разовая ПДК – 6 мг/м³.

Токсическое действие. Молибден – биологически важный элемент, содержится в организме в небольших количествах. Хроническое отравление молибденом вызывает нарушение обмена меди, а также фосфора в костной ткани. Металлический молибден и молибденит MoS₂ малоядовиты.

Никель Ni. Ат. м. 58,69; т.пл. 1455 °С; т. кип. 2900 °С; плотн. 8,9 г/см³. Высокодисперсный никель и его оксиды растворимы в биосредах, особенно кислых (желудочный сок).

ПДК для никеля, оксида никеля, сульфида и смеси соединений никеля (в пересчете на никель) составляет 0,05 мг/м³.

Токсическое действие. Пыль никеля может оказывать острое и хроническое действие с преимущественным поражением легких. Возможно возникновение «никелевого зуда» – формы дерматита, поражающей руки и плечи; рака легких, носа или верхней части зева; поражение слизистых оболочек верхних дыхательных путей; нарушение обоняния; снижение кровяного давления; нарушение центральной нервной и сердечно-сосудистой систем, функций печени; появление желудочных заболеваний, бронхиальной астмы, «литейной лихорадки». Сульфидные и закисные соединения никеля могут вызывать злокачественные опухоли бедра и легкого.

Олово Sn. Ат. м. 118,71; т.пл. 231,9 °С; т. кип. 2600 °С; плотн. 5,75 г/см³ (для серого олова).

ПДК для неорганических соединений, исключая оксиды, составляет 2 мг/м³; для органических соединений – 0,1 мг/м³.

Токсическое действие. Элементарное олово нетоксично; его соединения оказывают различное токсическое действие. В результате вдыхания пыли при длительном воздействии возможен пневмокониоз, хроническая экзема.

Свинец Pb. Ат. м. 207,2; т. пл. 327,5 °С; т. кип. 1751 °С; плотн. 11,3415 г/см³ (20 °С).

ПДК максимальная разовая для свинца и его неорганических соединений составляет 0,01 мг/м³.

Токсическое действие. Сильный яд. Отравления свинцом занимают первое место среди хронических профессиональных отравлений. Вызывает в организме ряд изменений, угнетает нервную систему и систему кроветворения, нарушает обмен веществ, вызывает сосудистый спазм в почках и большом круге кровообращения, паралич конечностей, изменения в желудочно-кишечном тракте, хроническое заболевание головного мозга, ускоряет возникновение атеросклероза. Возможны поражения внутреннего уха, астма, язвенная болезнь, гастрит, гипертоническая болезнь, поражения печени, почек, слизистой оболочки рта и носа, психические заболевания, опухоль мочевого пузыря.

Токсичность разных соединений свинца различна из-за неодинаковой растворимости в жидкостях организма, например, в желудочном соке. Труднорастворимые соединения свинца подвергаются в кишечнике сильным изменениям, приводящим к повышению их растворимости и всасываемости.

Титан Ti. Ат. м. 47,88; т.пл. 1671 °С; т. кип. 3260 °С; плотн. 4,5 г/см³ (20 °С).

ПДК для титана и его двуокиси составляет 10 мг/м³.

Токсическое действие. Физиологически инертен. Пыль карбида титана вызывает изменения главным образом в органах дыхания. Соединения титана могут вызывать различные воспаления, бронхиты, пневмосклероз, поражения легких.

Четыреххлористый титан TiCl₄. Молекулярная масса 189,71; т. пл. 30 °С; т. кип. 136,4 °С; плотн. 1,722 г/см³ (25 °С).

ПДК для титана четыреххлористого (по HCl) составляет 1 мг/м³.

Токсическое действие. Тетрахлорид титана обладает сильным раздражающим и разъедающим действием (гидролизуется, образуя HCl). Поражает слизистые оболочки верхних дыхательных путей и рта, роговицу глаз; вызывает бронхит, ожоги кожи, раздражение носа, гортани. В жидком состоянии оказывает прижигающее действие и быстро разрушает одежду.

Хром Cr. Ат. м. 51,996; т. пл. 1890 °С; т. кип. 2680 °С; плотн. 7,19 г/см³.

ПДК для хроматов, бихроматов (в пересчете на CrO₃) составляет 0,01 мг/м³.

Токсическое действие. Металлический хром малоядовит, но, образуя растворимые хроматы и бихроматы, может оказывать канцерогенное действие. Соединения хрома характеризуются различной ядовитостью в зависимости

от валентности металла: трехвалентные соединения менее токсичны; шестивалентные соединения значительно ядовитее трехвалентных – они обладают и местным, и выраженным общетоксическим действием; шестивалентный хром проникает в красные кровяные тельца. В организме возможен переход трехвалентного хрома в шестивалентный. Может возникнуть аллергия к шестивалентному хрому. Возможны острые и хронические поражения органов дыхания, кожи, слизистых оболочек глаз; заболевания полости рта. Хромовая кислота и ее соли раздражают и прижигают различные слизистые оболочки и кожу, вызывая изъязвления; при вдыхании аэрозолей этих соединений происходит прободение хрящевой части носовой перегородки, воспаление придатков полости носа, слизистой гортани; оказывают общетоксическое действие главным образом на желудочно-кишечный тракт. Могут возникнуть желтуха, заболевания дыхательных путей, бронхиальная астма, рак легких; на поврежденной коже при контакте возникают дерматиты, изъязвления, язвы. Возможны язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки, тяжелое поражение почек.

Хроматы и бихроматы калия, натрия, алюминия вызывают ожоги кожи; в местах ссадин, царапин возникают дерматиты, язвы, экзема.

Цинк Zn. Ат. м. 65,39; т. пл. 419,58 °С; т. кип. 906,2 °С; плотн. 7,13 г/см³.

ПДК для оксида цинка составляет 0,5 мг/м³.

Токсическое действие. Малотоксичен. При нагревании цинка выделяется газообразный оксид цинка, который является токсичным. Вдыхание дыма оксида цинка вызывает «литейную лихорадку»; пыль может вызвать гнойничковую экзему. Хлористые соединения цинка вызывают повреждение легких, изъязвления пальцев рук и предплечий. Растворимые соли цинка вызывают расстройство пищеварения, раздражение слизистых оболочек носоглотки и дыхательного тракта. Могут возникать синюха, нервные расстройства, изъязвления носовой перегородки, экзематозный дерматит, катар верхних дыхательных путей и пищеварительных органов, изменения в крови. Пыль цинка и оксида цинка вызывает изменения в верхних дыхательных путях и бронхах. Хлористый и серноокислый цинк обладают раздражающим и прижигающим действием.

1.2.4 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

Основные требования к воздуху рабочей зоны представлены в ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны», ГОСТ 12.1.016-79 ССБТ «Воздух рабочей зоны. Требования к методикам измерения концентрации вредных веществ» и ГОСТ 12.1.014-84 ССБТ «Воздух рабочей зоны. Метод измерения концентраций вредных веществ индикаторными трубками».

Предельно допустимое содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно-допустимых концентраций (табл. А.1, прилож. А). Это требование должно быть соблюдено при проектировании производственных зданий, технологических процессов, оборудования, вентиляции, при организации контроля за качеством производственной среды и при обеспечении профилактики неблагоприятного воздействия химических веществ на здоровье работающих.

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны подлежит систематическому контролю для предупреждения возможности превышения ПДК – **максимально разовых рабочей зоны и среднесменных рабочей зоны.**

Предельно допустимая концентрация максимально разовая рабочей зоны – разовая (кратковременная) концентрация вредных веществ, наиболее высокая из числа концентраций, зарегистрированных в данной точке за 30-минутный период наблюдения. Устанавливается для предупреждения рефлекторных реакций у человека, связанных с раздражением слизистых оболочек глаз, носа, верхних дыхательных путей, (слезотечение, чихание, кашель, астматические реакции) при кратковременном воздействии (до 20 мин).

Предельно допустимая концентрация среднесменная рабочей зоны – устанавливается для предупреждения общетоксического, мутагенного, канцерогенного и других влияний на человека. Это средняя концентрация из числа, концентраций, выявленных в течение смены или регистрируемая непрерывно в течение рабочей смены [1].

При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны нескольких вредных веществ однонаправленного действия сумма отношений фактических концентраций каждого из них (C_1, C_2, \dots, C_n) в воздухе к их ПДК (ПДК₁, ПДК₂, ..., ПДК_n) не должна превышать единицы

$$C_1/\text{ПДК}_1 + C_2/\text{ПДК}_2 + C_n/\text{ПДК}_n \leq 1 \quad (1.1)$$

Однонаправленным действием обладают, например: 1) NO₂ и SO₂; 2) NO₂ и CO; 3) SO₂ и H₂S; 4) спирты; 5) формальдегид и гексан; 6) ацетон и фенол; 7) пары кислот; 8) пары щелочей

При отсутствии однонаправленного действия вредностей расчет ведется по той вредности, разбавление которой до ПДК требует наибольшего количества воздуха.

Контроль за содержанием вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Отбор газов должен проводиться в зоне дыхания при характерных производственных условиях. Для каждого производственного участка должны быть определены вещества, которые могут выделяться в воздух рабочей зоны. При наличии в воздухе нескольких вредных веществ контроль воздушной среды допускается проводить по наиболее опасным и характерным веществам, устанавливаемым органами государственного санитарного надзора.

Требования к контролю за соблюдением максимально разовой ПДК.

Контроль содержания вредных веществ в воздухе проводится на наиболее характерных рабочих местах. Содержание вредного вещества в данной конкретной точке характеризуется следующим суммарным временем отбора: для токсичных веществ – 15 мин, для веществ фиброгенного действия – 30 мин. Полученные результаты сравнивают с величинами ПДК максимально разовой для рабочей зоны.

В течение смены и на отдельных этапах технологического процесса в одной точке должно быть последовательно отобрано не менее трех проб.

При возможном поступлении в воздух рабочей зоны вредных веществ с остронаправленным механизмом действия должен быть обеспечен непрерывный контроль с сигнализацией о превышении ПДК.

Периодичность контроля, за исключением веществ с остронаправленным действием, устанавливается в зависимости от класса опасности вредного вещества: для 1 класса – не реже 1 раза в 10 дней, 2 класса – не реже 1 раза в месяц, 3 и 4 классов – не реже 1 раза в квартал [1].

Требования к контролю за соблюдением среднесменных ПДК. Среднесменные концентрации определяют для веществ, для которых установлен норматив – ПДК среднесменная рабочей зоны. Измерения проводят приборами индивидуального контроля или по результатам отдельных измерений. В последнем случае ее рассчитывают как величину, средневзвешенную во времени, с учетом пребывания работающего на всех (в том числе и вне контакта с контролируемым веществом) стадиях и операциях технологического процесса. Обследование осуществляется на протяжении не менее чем 75 % продолжительности смены в течение не менее 3 смен. Расчет проводится по формуле

$$C_{cc} = \frac{K_1 t_1 + K_2 t_2 + \dots + K_n t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}, \quad (1.2)$$

где C_{cc} – среднесменная концентрация мг/м³;

C_1, C_2, \dots, C_n – среднее арифметические величины отдельных измерений концентраций вредного вещества на отдельных стадиях технологического процесса, мг/м³;

t_1, t_2, \dots, t_n – продолжительность отдельных стадий технологического процесса, мин.

Периодичность контроля за соблюдением среднесменной ПДК должна быть не реже кратности проведения периодических медицинских осмотров, установленных Министерством здравоохранения [1].

1.2.5 Вредные вещества в литейном производстве и их действие на организм человека

При производстве 1 т отливок из стали и чугуна выделяется около 50 кг пыли, 250 кг оксида углерода, 1,5...2 кг оксида серы и 1 кг углеводов.

Пыль. Выделение пыли в основном связано с операциями смешивания и выбивки отливок (табл. Б.1, прилож. Б). Пыль литейных цехов характеризуется высоким содержанием диоксида кремния (до 50%) и мелкодисперсностью. Более 90% пылевых частиц имеют размеры менее 2 мкм. Исходя из этих двух показателей, ПДК пыли в воздухе рабочей зоны литейных цехов, как правило, устанавливают равной 2...4 мг/м³ в зависимости от процентного содержания диоксида кремния в пыли (табл. 1.3) [1].

Таблица 1.3 – ПДК диоксида кремния в воздухе рабочей зоны

Содержание SiO ₂ в пыли, %	ПДК, мг/м ³
Свыше 70	1
10...70	2
Не более 10	4

Работа в производственных помещениях с высокими концентрациями кварцесодержащей пыли приводит к возникновению профессиональных заболеваний пылевой этиологии (бронхит, силикоз, пневмокониоз).

Газы, пары, аэрозоли. Наряду с сыпучими материалами, являющимися источником образования пыли, в литейном производстве находят применение органические и неорганические соединения (связующие, катализаторы, добавки и т.д.), которые также могут служить источником образования и выделения в окружающую среду вредных веществ в виде газов, паров и аэрозолей, отходов.

При работе с органическими связующими в процессе сушки стержней и заливки форм металлом происходит значительное выделение токсичных паров и газов. В таблице Б.2 приложения Б приведены основные вредные вещества, выделяющиеся при изготовлении отливок, содержание которых в воздухе рабочих помещений может превышать ПДК или которые при малых концентрациях в воздухе имеют однонаправленное действие на организм человека.

Указанные вещества характерны для группы связующих. Для отдельной марки связующего с учетом вводимых катализаторов этот перечень может быть несколько уже. Например, для связующего КФ-65С характерно выделение фурфуролового спирта, для ЛСТ – ацетона, применение в качестве катализатора ортофосфорной кислоты ведет к выделению соединений фосфора и т.п. [1].

Для смол фенолофуранового и фенолоформальдегидного классов характерно выделение (как на формовке, так и на заливке) свободных фенола и формальдегида. При использовании в смесях с этими смолами серосодержащих кислотных отвердителей (ароматических сульфокислот) возможно выделение

диоксида серы и сероводорода. Для смесей, отверждаемых продувкой аминами, характерно выделение аминов, аммиака, бензола, толуола и ксилола. Для всех смесей на органических связующих на заливке металла характерно выделение монооксида углерода (СО).

В таблице Б.3 приложения Б дана краткая токсикологическая характеристика вредных веществ и их ПДК.

При плавке легированных сталей и цветных металлов в воздух рабочей зоны могут выделяться аэрозоли конденсации окислов марганца, цинка, ванадия, никеля и многих других металлов и их соединений.

Окись углерода. Окись углерода является основным вредным производственным фактором в чугуно- и сталелитейных цехах. Источники выделения окиси углерода – вагранки и другие плавильные агрегаты, а также залитые формы в процессе остывания, сушильные печи, агрегаты поверхностной подсушки форм и др. Например, концентрация окиси углерода в колошниковых газах вагранок достигает 15%. Количество окиси углерода, выделяющейся при заливке чугуна и стали, зависит от времени пребывания отливки в цехе и массы отливок (при заливке чугуна в формы для получения отливок массой 10-200 кг выделяется 40-500 г СО на 1 т залитого металла).

Двуокись углерода. Двуокись углерода (углекислый газ), применяемый для химической сушки (твердения) песчано-глинистых форм, не токсичен, однако при большом количестве его в воздухе рабочей зоны содержание кислорода уменьшается, что может вызвать тягостное ощущение и даже явление удушья (асфиксию).

1.2.6 Канцерогенные вещества в литейном производстве

Канцерогенные вещества – это вещества, вызывающие раковые заболевания различных органов.

Установлено, что высокой опасности заболевания раком подвержены рабочие чугунолитейных цехов.

В литейном производстве возможно образование в основном 3-х следующих групп канцерогенных веществ [1]:

- бензол C_6H_6 . Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ);
- нитрозамины и нитрозамиды (нитраты, нитриды, оксиды азота, амины);
- неорганические вещества, металлы и их оксиды (Cr (IV), Mn, Ni).

В первую и вторую группы входят органические вещества, содержащие С, О, Н, N.

Бензол и ПАУ образуются при пиролизе органических материалов, содержащих С и Н. При этом материал может нагреваться в интервале температур 500...2000 °С при недостатке кислорода или неполном сгорании.

Наиболее вредным канцерогенным веществом этой группы, по которому осуществляют нормирование канцерогенов в окружающей среде, является бензопирен (БП) $C_{20}H_{12}$. Максимально разовая ПДК_{БП} составляет $15 \cdot 10^{-5}$ мг/м³.

Из ПАУ бензопирен – наиболее химически стойкое вещество, хорошо растворяется в воде. Однако эффективность очистки от него существующими методами низкая и составляет 72...82%, поэтому бензопирен распространяется на большие расстояния от источника загрязнения и накапливается в донных отложениях, планктоне, водорослях, водных организмах.

Растворимость бензопирена в воде составляет 0,01...0,1 мг/л, в присутствии ПАВ она увеличивается в 2-10 раз.

Расчет допустимого уровня бензопирена в воде проводят по формуле

$$D_{\text{БП}} = \frac{a m_{\text{ч}}}{m_{\text{ж}} V_{\text{в}} T K_{\text{з}}} \quad (1.3)$$

где $D_{\text{БП}}$ – допустимая концентрация бензопирена в воде, мг/л;

a – безопасная концентрация бензопирена, полученная экспериментальным путем, мг/л;

$m_{\text{ч}}$, $m_{\text{ж}}$ – средняя масса человека и экспериментального животного соответственно, кг;

$V_{\text{в}}$ – объем воды, потребляемый человеком в течение года (~ 800 л);

T – средняя продолжительность жизни человека (70 лет);

$K_{\text{з}}$ – коэффициент запаса.

Норматив по бензопирену в воде питьевой и культурно-бытового водопользования составляет 0,005 мг/л.

Сложным является нормирование бензопирена в почве, т.к. способность накапливаться и проникать зависит от типа почвы. Ориентировочная концентрация бензопирена в почве составляет 10...20 мг/кг почвы.

Исследования по попаданию бензопирена в организм человек показали, что оно происходит, главным образом, с продуктами питания и составляет за весь период жизни несколько десятков миллиграмм.

Источниками бензопирена в литейном производстве являются: органические связующие (табл. 1.4), индустриальные масла [1].

Таблица 1.4 – Выделение бензопирена при пиролизе литейных связующих

Связующее	Марка	Количество бензопирена, 10^{-5} мг/м ³
Смола	СФ-015	0,39
	КФ-90	25,0
Кубовые остатки	КО	104

Наиболее опасными по бензопирену являются промышленные масла, которые применяют:

- в системах гидравлики плавильных печей (гидроцилиндры индукционных печей (скапливается под печами и при выпуске горит);
- при изготовлении формовочных смесей (в качестве добавки);
- при механической обработке (добавляется в смазочно-охлаждающую жидкость).

Анализ содержания бензопирена в воздухе рабочей зоны в литейном цехе приведен в таблице 1.5 [1].

Неорганические вещества, являющиеся канцерогенными, такие как Cr (IV), Mn, Ni, могут выделяться при плавке легированных сталей, металлообработке.

Таблица 1.5 – Содержание бензопирена в воздухе рабочей зоны в литейном цехе

Отделение литейного цеха	Содержание бензопирена, 10^{-5} мг/м ³
Плавильное: плавка в вагранках	1,4
индукционная печь: плавка с использованием стружки	43
обычная плавка	6
дуговая печь	6
заливка форм	10...12
Выбивное: выбивка отливок: без стержней	2...5
со стержнями	40...160
Стержневое: по горячим ящикам	1...5
связующее КО	60
Смесеприготовительное	3

1.2.7 Основные источники пыли и газоздушных выбросов в литейном производстве

В современных чугунолитейных цехах в качестве плавильных агрегатов применяют водоохлаждаемые вагранки закрытого типа, индукционные тигельные печи повышенной и промышленной частоты, дуговые печи типа ДЧМ, а в современных сталеплавильных – дуговые и индукционные печи с основной

и кислой футеровкой, установки электрошлакового переплава, вакуумные печи различных конструкций и т.д. В таблице 1.6 приведены усредненные данные о вредных веществах, выделяющихся при плавке металла [1].

Выбросы загрязняющих веществ при плавке металла зависят от двух составляющих:

- состава шихты и степени ее загрязнения;
- от выбросов самих плавильных агрегатов в зависимости от используемых видов энергии (газ, кокс, и т.п.) и технологии плавки.

Таблица 1.6 – Выделение вредных веществ и уровни шума при плавке металла в плавильных агрегатах

Параметр	Водоохлаждаемые вагранки закрытого типа	Индукционные тигельные печи		Дуговые печи
		повышенной частоты	промышленной частоты	
Содержание пыли в отходящих газах, кг/т	10...18	0,3	0,3	5...10
Газообразование, м ³ /т	1000	4	5	120
Уровень шума, дБА	80 (постоянно)	30 (при загрузке шихты)	50 (при загрузке шихты)	90 (при плавлении)

Вредные выбросы при выплавке металлов и сплавов

Выплавка металлов в вагранках. При выплавке металла в вагранках количество и состав отходящих газов, их запыленность predetermined типом вагранок, которые различаются типом дутья, видом используемого топлива, конструкцией горна, шахты, колошника.

В среднем при работе вагранок на каждую тонну чугуна приходится 1000 м³ выбрасываемых в атмосферу газов, содержащих 5...20 % окиси углерода; 5...17 % углекислого газа; до 2 % кислорода; до 1,7 % водорода; до 0,5 % сернистого ангидрида; 70...80 % азота [1]. Количество пыли, попадающей в воздух, из расчета на каждую тонну чугуна составляет 3...20 г/м³ (табл. В.1 – В.3 прилож. В).

Значительно меньше количество выбросов из вагранок закрытого типа. Так, в дымовых газах отсутствует окись углерода, а к.п.д. очистки от взвешенных частиц достигает 98...99 %.

Химический состав ваграночной пыли различен и зависит от состава металлозавалки, шихты, состояния футеровки, вида топлива, условий работы вагранки.

Выплавка металлов в электродуговых печах. Сравнительно большой выход технологических газов наблюдается при плавке стали в электродуговых печах. В данном случае состав газов зависит от периода плавки, марки выплавляемой стали, герметичности печи, способа удаления газов и наличия кислородной продувки. При плавке углеродистых сталей газы на уровне выступа рабочего окна содержат (по объему) 0,05...0,22 % окиси углерода, 0,8...6 % углекислого газа, 15...20 % кислорода, до 0,01 % водорода, до 0,07 % окислов азота и до 0,005 % оксидов серы. В среднем за плавку выделяется 10...20 кг пыли на каждую тонну жидкой стали, но интенсивность ее выделения меняется по периодам плавки. Во время плавления шихты, окисления примесей и в восстановительный период выносятся соответственно 0,15...0,6; 2,3...3,6 и 0,3...1,3 кг/ч пыли на 1 т стали. Примерный химический состав пыли, %: Fe_2O_3 – 56,8; Mn_2O_3 – 10; Al_2O_3 – 5; SiO_2 – 6,9; CaO – 6,9; MgO – 5,8; остальное – хлориды, оксиды хрома и фосфора. Размер частиц пыли 0...20 мкм, однако основную ее массу (около 75 %) составляют частицы 0...4 мкм. Количество выбрасываемых газов и пыли в зависимости от вместимости печи приведено в таблице Г.1 – Г.3 приложения Г.

Выплавка металла в индукционных печах. При плавке в индукционных печах основной составляющей пыли являются окислы железа, остальное – окислы кремния, магния, цинка, алюминия в различном соотношении в зависимости от химического состава металла и шлака. Выделяемые при плавке чугуна в индукционных печах частицы пыли имеют дисперсность от 5 до 100 мкм. Количество газов и пыли в 5...6 раз меньше, чем при плавке в электродуговых печах (табл. 1.6; табл. Д.1, прилож. Д).

Вредные выбросы при выполнении основных технологических процессов в литейных цехах

Выбросы при выпуске чугуна. При выпуске чугуна из вагранки в заливочные ковши выделяется 20 г/т графитовой пыли и 130 г/т окиси углерода; из других плавильных агрегатов вынос пыли менее значителен.

Выбросы при заливке форм. При заливке форм в атмосферу цеха попадают водяные пары, водород и повышенное количество окиси углерода, образующейся в результате реакции горения органических примесей. Также при литье под действием теплоты жидкого металла из формовочных смесей выделяются бензол, фенол, формальдегид и другие токсичнее веществ. Их количество зависит от состава формовочных смесей, массы и способа получения отливки и других факторов.

При разливе чугуна в формы выделение окиси углерода в атмосферу цеха зависит от массы отливок (табл. Е.1, прилож. Е). В состав выделяющихся газов входит более 50 % водорода, 30...35 % окиси углерода и некоторое количество (около 10 %) двуокиси углерода, сероводород, сернистый ангидрид, предельные углеводороды, непредельные углеводороды, азот и кислород.

В таблице Е.2 приложения Е даны приведенные (в пересчете на оксид углерода) удельные газовыделения при заливке и охлаждении форм и стержней с использованием холоднотвердеющих смесей.

Наиболее интенсивно окись углерода выделяется на начальной стадии застывания отливки (около 70 %). Окись углерода, ПДК которой равна 20 мг/м³, относится к наиболее вредным компонентам газа, выделяющегося из литейных форм после заливки в них металла. Фактическое содержание СО в таком газе в зависимости от состава смесей изменяется в пределах 8...35 % по объему, т.е. превышает ПДК в (6...20)·10³ раз. Содержание других компонентов (фенола, формальдегида, аммиака и т.п.) также в 10...1000 раз выше соответствующих ПДК [3].

Процесс газообразования в разовой форме описывается формулами

$$Q = aS\sqrt{t}, \quad (1.4)$$

$$\omega = aS/(2\sqrt{t}), \quad (1.5)$$

где Q – количество образующихся газов, м³;

S – поверхность контакта металла с формой и стержнями, м²;

t – время от момента заливки металла до кристаллизации отливки, с;

ω – скорость газовой выделения форм, м³/с.

Приведенный коэффициент газообразования

$$a = \frac{a_{\text{ф}}S_{\text{ф}} + a_{\text{ст}}S_{\text{ст}}}{S_{\text{ф}} + S_{\text{ст}}}, \quad (1.6)$$

где a_ф, a_{ст} – коэффициенты газообразования формовочной и стержневой смесей, C^{0,5};

S_ф, S_{ст} – поверхности контакта металла с формой и со стержнями, м².

Выбросы при изготовлении форм и стержней. Для форм и стержней в литейных цехах широко применяются песчаные самотвердеющие смеси: химически твердеющие (СО₂-процесс), пластичные самотвердеющие (ПСС), холоднотвердеющие (ХТС), быстрохолоднотвердеющие (БХТС), горячетвердеющие (ГТС), наливные самотвердеющие (НСС).

Для отверждения НСС используют соединения шестивалентного хрома (в частности, триоксид хрома, водный раствор которого представляет собой сильную хромовую кислоту). Триоксид хрома при температуре плавления (197°С) начинает диссоциировать и с повышением температуры его диссоциация резко возрастает. Соединения шестивалентного хрома очень вредны, поэтому их ПДК_{р.з} составляет 0,01 мг/м³.

Изготовление форм и стержней, связанное с продувкой углекислым газом, применением различных катализаторов и связующих на основе синтетических смол, вызывает дополнительные газовой выделения. Помимо окиси углерода и углекислого газа в атмосферу выносятся токсичные парогазовые смеси, включающие формальдегид, фуриловый и метиловый спирт, аммиак, серную кислоту и т.п. [1].

Степень загрязнения воздушной атмосферы токсичными веществами на некоторых участках литейных цехов, где для приготовления ХТС используется смола СФ-3042–2,5 и бензолсульфоокислота, приведена в таблице 1.7 [2].

Таблица 1.7 – Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м³

Вещество	ПДК, мг/м ³	Рабочая зона				
		оператора стержневой линии	стерженщика	у залитой металлической формы	в 3 м от залитой металлической формы	в кабине крановщика заливаемого участка
Фенол	0,3	1/0,8	2,7/0,7	1,3	0/0,1	0,1/0
Формальдегид	0,5	0,3/0,2	0,9/0,2	не обнаружен		
Метиловый спирт	5,0	1,2/0,8	2,1/0,8	0,5/0,3	0,3/0,2	0,3/0
Бензол	5,0	–	–	7/30,8	1,1/2,6	0/10,2
Окись углерода	20	–	–	66/54,5	4/12	10,5/6,3

Примечание. В числителе даны значения для теплого периода года, в знаменателе – для холодного периода.

Интенсивность выделения вредных веществ (приведено к формальдегиду) при изготовлении стержней из холоднотвердеющей смеси в зависимости от связующего вещества (газовыделение отнесено к 1 дм² площади поверхности стержня) представлено в таблице Ж.1 – Ж.3 приложения Ж.

Основная доля газовыделения приходится на первые 20...30 мин отверждения, а максимальная скорость наблюдается, как правило, в момент окончания перемешивания смеси и начала отверждения. Следовательно, устройства местной вытяжной вентиляции должны в первую очередь обеспечивать удаление вредностей из рабочей зоны, где идет засыпка ящиков смесью и первичное отверждение стержней и форм (около 30 мин) [1].

Для сравнительной гигиенической оценки смесей с различными связующими используется интегральный показатель, учитывающий состав газов и ПДК каждого из его составляющих. С этой целью скорости выделения отдельных компонентов v_i приведены к скорости выделения формальдегида

$$v_i^{\phi} = v_i \frac{\text{ПДК}_{\phi}}{\text{ПДК}_i}, \quad (1.7)$$

где v_i – скорость выделения i -го компонента в пересчете на формальдегид. Тогда полная скорость газовыделения составляет

$$v = \sum_{i=1}^{i=n} v_i^{\phi}. \quad (1.8)$$

По данным таблицы 1.8 можно рассчитать v .

Таблица 1.8 – Скорость газовыделений при отверждении ХТС, мг/(кг·мин)

Вещество	Марка связующего			
	РСФ-3010	ФФ-1Ф	БС-40	УКС с фурфуроловым спиртом
Формальдегид	0,082/0,023	0,085/0,013	0,110/0,038	0,055/0,014
Метанол	0,190/0,076	0,360/0,110	2,900/0,980	6,700/2,500
Фенол	0,016/0,012	0,012/0,011	–	–
Фурфурол	–	0,022/0,010	0,012/0,004	0,031/0,008
Ацетон	6,900/2,420	–	–	–

Примечание. В числителе приведена максимальная скорость, в знаменателе – средняя скорость.

Газовыделения, рассчитанные по уравнениям 1.7 и 1.8, являются необходимыми исходными данными для проектирования вентиляции на стержневых и формовочных участках при применении ХТС с синтетическими смолами.

Газовыделение:

при заполнении ящиков смесью

$$Q_1 = q_1^{\phi} \rho \tau_1, \quad (1.9)$$

где q_1^{ϕ} – приведенное удельное газовыделение при заполнении ящиков смесью, мг/(кг·ч);

ρ – производительность смесителя, кг/ч;

τ_1 – время заполнения ящиков, ч;

при отверждении

$$Q_2 = q_2^{\phi} S \tau_2, \quad (1.10)$$

где q_2^{ϕ} – приведенное удельное газовыделение при отверждении, мг/(дм²·ч);

S – площадь открытой поверхности стержней (форм), находящихся одновременно в зоне отверждения, дм²;

τ_2 – время отверждения, ч.

$$S = 1,18\sqrt[3]{\rho_1^2}, \quad (1.11)$$

где ρ_1 – периметр открытой поверхности стержней (форм), находящихся одновременно в зоне отверждения.

Исходные данные для расчетов, полученные экспериментальным путем, приведены в таблице Ж.2 приложения Ж.

При изготовлении форм и стержней с тепловой сушкой и в нагреваемой оснастке загрязнение воздушной среды токсичными компонентами возможно на всех стадиях технологического процесса: при изготовлении смесей, отверждении стержней и форм и охлаждении стержней после извлечения из оснастки. Для предотвращения этого сушильные агрегаты, машины для изготовления стержней и форм, рабочие зоны, где они охлаждаются и обрабатываются, необходимо оборудовать местной вытяжной вентиляцией. Максимальное газовыделение приходится на первые 15 мин после начала отверждения. Используется метод расчета и оценки условной токсичности смесей, которая определяется по уравнению

$$T = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{v_i}{\text{ПДК}}, \quad (1.12)$$

где v_i^* – удельное количество вредного вещества за определенный промежуток времени, мг/кг.

Газовыделение и условная токсичность смесей, отверждаемых тепловой сушкой, представлены в таблице Ж.3 приложения Ж.

Приведенные в таблице Ж.3 приложения Ж данные позволяют всесторонне охарактеризовать токсичность различных смесей и пересчитать газовыделение Q , мг/ч для проектирования вентиляции в цехах по следующему уравнению

$$Q = v_i m P_0, \quad (1.13)$$

где m – масса стержня, кг;

P_0 – производительность стержневого оборудования, стержней/ч.

Смеси необходимо оценивать по составу и количеству выделяющихся вредных веществ с учетом их ПДК, а борьба с ними должна вестись не только средствами вентиляции, но путем совершенствования технологического процесса, например, снижения расхода связующего.

Выбросы при сушке форм и стержней. При сушке форм и стержней в сушиле выделяется, главным образом, окись углерода и сернистый газ (табл. К.1, прилож. К). Их количество зависит от вида сжигаемого топлива. Твердое топливо дает 200...250 г/кг окиси углерода и 15...20 г/кг сернистого газа, жидкое дает соответственно 30...50 г/кг и 40...60 г/кг. Наименьшие выделения наблюдаются при сжигании природного газа – всего 0,75 г/кг СО.

Выбросы при выполнении смесеприготовительных работ. В смесеприготовительных отделениях литейных цехов источниками пыли являются смесители. Выделяющаяся пыль насыщена парами сульфитного щелока, различных углеводородов и других органических примесей. Например, в цехе оболочкового литья с годовой программой 15 тыс. т от установки по приготовлению плакированной смеси воздушная среда загрязняется кварцевой пылью, превышающей ПДК в 4 раза. Так, количество отсасываемого воздуха от бегунов с горизонтальными и вертикальными катками достигает 3 тыс. м³/ч (при содержании пыли 7, 5 г/м³), от центробежных маятниковых бегунов – 15 тыс. м³/ч (40 г/м³), дисперсный состав пыли приведен в таблице Л.1 приложения Л.

Выбросы при операциях выбивки отливок. Операция выбивки отливок из опок – одна из наиболее вредных в литейном производстве. Она сопровождается значительным выделением пыли, газов, различных паров и высоким уровнем шума. Запыленность воздуха над выбивной решеткой при подвесных вытяжных зонтах составляет 2...7 кг/м³, а при боковых зонтах – 1,2...2,5 кг/м³. Объем воздуха, отсасываемого с 1 м² площади решетки, колеблется в пределах 6...10 тыс. м³/ч, дисперсный состав пыли, выделяющейся от выбивных решеток различных конструкций приведен в таблице М.1 приложения М.

От участков выбивки отливок на 1 м² площади решетки выделяется до 45...60 кг/ч пыли, 5...6 кг/ч оксида углерода, до 3 кг/ч аммиака.

Выбросы при операциях обрубки и очистки литья. Большое количество пыли образуется в отделении обрубки и очистки литья. При обрубке концентрация ее в воздухе достигает 6...8 г/м³, а в непосредственной близости от обрабатываемых отливок – 20 г/м³. Дисперсный состав пыли представлен в таблице 1.9 [3].

Таблица 1.9 – Дисперсный состав пыли, образующейся при обрубке

Параметр	Состав пыли			
	до 2	2...5	5...10	более 10
Диаметр частиц, мкм	до 2	2...5	5...10	более 10
Содержание фракций, %	90...32	4,9...5,2	2,7...1,8	2,4...1,0

Концентрация пыли в воздухе рабочей зоны и удельные выбросы пыли при различных способах очистки отливок приведены в таблице Н.1 приложения Н.

Повышенными вредными выделениями отличаются также следующие участки литейных цехов: **подготовки шихтовых материалов** (запыленность воздуха достигает 5...15 г/м³), **термической обработки, грунтовки и окраски отливок**.

Вентиляционный воздух, выбрасываемый от участков термической обработки, обычно загрязнен парами и продуктами горения масла, аммиаком, циановодородом и другими веществами, поступающими в систему местной вытяжной вентиляции от ванн и агрегатов для термической обработки. Источниками загрязнений на участках термической обработки являются нагревательные печи, работающие на жидком и газообразном топливе, а также дробеструйные и дробеметные камеры.

Для определения массы выделений вредных веществ от пламенных нагревательных печей целесообразно пользоваться удельными показателями по выбросам, приведенным к единице массы (т) или объема (м³) сжигаемого топлива (табл. 1.10) [3].

Таблица 1.10 – Вредные вещества, выделяющиеся в атмосферу от пламенных нагревательных печей

Вид топлива	Вещества, содержащиеся в газовоздушных выбросах при использовании жидкого топлива, кг/т, и при использовании газообразного топлива, кг/тыс. м ³				
	Пыль	Оксиды азота	Диоксид серы	Оксид углерода	Углеводороды
Мазут	1,2	12,4	19	$4,8 \cdot 10^{-3}$	0,38
Природный газ	$2,4 \cdot 10^{-3}$	6,24	–	Следы	Следы

Концентрация пыли в воздухе, удаляемом из дробеструйных и дробеметных камер, где металл очищается после термической обработки, достигает 2...7 г/м³. При закалке и отпуске деталей в масляных ваннах в отводимом от ванн воздухе содержится до 1% паров масла от массы металла. При цианировании выделяется до 6 г/ч циановодорода на один агрегат цианирования.

На участках окраски токсичные вещества выделяются при обезжиривании поверхностей органическими растворителями перед окраской, подготовке лакокрасочных материалов, нанесении их на поверхность изделий и сушке покрытия. Воздух, удаляемый вентиляционными отсосами от окрасочных камер, напольных решеток, сушильных установок и других устройств, всегда загрязнен парами растворителей, а при окраске распылением, кроме того, окрасочным аэрозолем. При окраске изделий порошковыми полимерными материалами в вентиляционном воздухе содержится пыль.

Концентрация вредных веществ в вентиляционных выбросах, удаляемых от мест окраски, зависит от состава и расхода лакокрасочных материалов, способа их нанесения на окрашиваемую поверхность, устройства вентиляции, окрасочного оборудования, метода окрашивания. В вентиляционных выбросах участков окраски могут содержаться окрасочный аэрозоль (до 1 мг/м³) и пары растворителей (до 10 г/м³).

Масса паров растворителей, выбрасываемых в атмосферу от окрасочного и сушильного оборудования [4], может быть определена по формуле

$$m = m_1 k_1 k_2 k_3 (1 - \eta_p), \quad (1.14)$$

где m_1 – расход лакокрасочных материалов, г/ч;

k_1 – доля растворителей в лакокрасочных материалах (при покрытии лаком в лакокрасочных машинах k_1 равен 0,6 и 0,8 соответственно для металлических и деревянных изделий);

k_2 – коэффициент, учитывающий количество выделяющегося растворителя из лакокрасочного материала за время окраски и сушки (для камер окраски распылением $k_2 = 0,3$, для сушильных установок $0,7$);

k_3 – коэффициент, учитывающий поступление паров растворителей в рабочую зону (обычно $2...3\%$);

η_p – эффективность улавливания паров растворителей в системе очистки вентиляционных выбросов (для гидрофильтров $0,3...0,35$).

Масса выбросов аэрозолей от окрасочного оборудования с вентиляционным воздухом в атмосферу рассчитывается по формуле

$$m = m_1 k_4 k_5 (1 - \eta_p), \quad (1.15)$$

где k_4 – доля лакокрасочных материалов, расходуемых на образование окрасочного аэрозоля (зависит от способа распыления краски);

k_5 – коэффициент, учитывающий поступление окрасочного аэрозоля в рабочую зону; $k_5 = k_3$;

η_p – эффективность улавливания окрасочного аэрозоля гидрофильтрами, обычно $0,92...0,98$.

Значения k_1 и k_4 для различных способов окраски металлических изделий приведено в таблице 1.11 [4].

Таблица 1.11 – Значения коэффициентов k_1 и k_4 для различных способов окраски металлических изделий

Способ окраски	k_1	k_4
Распыление:		
пневматическое	0,40	0,30
безвоздушное	0,22	0,25
Электроосаждение	0,10	–
Окунание	0,35	–
Струйный облив	0,25	–

1.3 Физические опасные и вредные производственные факторы

1.3.1 Теплота

Избыточное выделение тепла осуществляется основным технологическим оборудованием – плавильными агрегатами и составляет от 14 до 62 % от общего расхода тепла на расплавление металла, так при расплавке металла выделяется около 3000 МДж тепла на тонну металла.

Действие избыточной теплоты на организм человека. Интенсивность теплового потока на ряде рабочих мест достигает высоких значений. Известно,

что интенсивность теплового потока менее $0,7 \text{ кВт/м}^2$ не вызывает неприятного ощущения, если действует в течение нескольких минут, а свыше $3,5 \text{ кВт/м}^2$ уже через 2 сек вызывает жжение. Кроме того, воздействие теплового потока на организм человека зависит от спектральной характеристики излучения. Наибольшей проникающей способностью в организме обладают инфракрасные лучи с длиной волны до 1,5 мкм (не поглощаются кожным покровом), а на кожу наиболее резко действуют лучи с длиной волны свыше 1,5 до 3 мкм.

Количество теплоты, выделяющейся на различных участках литейных цехов, представлено в таблице 1.12 [2]. Оптимальные и допустимые нормы параметров микроклимата в производственных помещениях представлены в ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» и ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату».

Мероприятия по защите от тепловых излучений. При разработке мер, направленных на нормализацию тепловых излучений на рабочих местах необходимо:

- привести справочные данные или рассчитать интенсивность теплового потока на рабочих местах, которые расположены близ источников тепловых излучений;
- сравнить полученные результаты с гигиеничными требованиями относительно теплового излучения на рабочих местах;
- разработать мероприятия, направленные на уменьшение интенсивности теплового потока технологическими путями или с использованием вентиляции;
- рассчитать, при необходимости, теплозащитный экран для наиболее интенсивного источника излучения.

Таблица 1.12 – Количество теплоты, выделяемой на различных участках конвейерных литейных цехов, МДж на 1 т заливаемого металла

Источник выделения теплоты	При подаче с выбивки на очистку горячих отливок		При остывании на участке выбивки отливок	
	мелких	средних	мелких	средних
Участок заливки	84	126	84	126
Охладительный кожух	63	63	63	63
Участок выбивки	63	84	126	168
Участок очистки отливок	105	147	42	63
Горелая смесь	105	147	105	147

Данные по интенсивности теплового потока на рабочих местах в литейных цехах приведенные в литературе [2]. Интенсивность для случаев, которые не отражены в литературе, можно рассчитать по формулам:

$$q = 3,26 \cdot F \left[\left(\frac{T}{100} \right)^4 - 110 \right] \frac{1}{l^2} \quad \text{при } \frac{1}{F} \geq 1, \quad (1.16)$$

$$q = 3,26 \cdot \sqrt{F} \left[\left(\frac{T}{100} \right)^4 - 110 \right] \frac{1}{l} \quad \text{при } \frac{1}{F} < 1, \quad (1.17)$$

где q – интенсивность теплового потока, Вт/м²;

F – площадь поверхности, которая излучает, м²;

T – температура поверхности, которая излучает, К;

l – расстояние от центра поверхности, которая излучает, к объекту, который подлeжит облучению, г.

Гигиеничные требования к тепловому излучению на рабочих местах зависят от:

- стажа работы в цехе;
- времени влияния теплового потока;
- температуры источника тепла;
- температуры воздуха на рабочем месте.

1.3.2 Шум в литейных цехах

Технологии производства получения отливок предполагают использование крупных и сложных технологических комплексов, работа которых сопровождается интенсивным шумом. Это в значительной степени усложняет условия труда и отрицательно влияет на работоспособность персонала, обслуживающего технологические комплексы.

Наибольшие уровни шума характерны для участков формовки, выбивки отливок, зачистки, обрубки и некоторых других.

Для обеспечения нормальных условий труда на рабочих местах с повышенным уровнем шума необходимо внедрение технических решений, шумозащитных материалов и конструкций, обеспечивающих снижение уровня звукового давления до нормативного значения.

Действие шума на организм человека. Шум как акустическое явление воздействует не только на органы слуха. Он может вызывать и другие недуги, например, опухоли желудка, кишечника, нарушение кровообращения, сужение сосудов и др. Воздействуя на центральную нервную систему, шум влияет на жизнедеятельность организма: повышается артериальное давление, замедляется психическая реакция и, следовательно, снижается производительность труда, возрастает опасность производственного травматизма. Вредный для здоровья предел уровня громкости составляет 80 дБА (при длительном воздействии), звук громкостью 130 дБА вызывает у человека болевые ощущения, 155 дБА – ожоги, громкость 180 дБА – смертельна [1].

Вредное воздействие на человеческий организм шум оказывает не сразу, а спустя определенное время.

В результате длительного воздействия производственного шума высокого уровня на человека производительность труда в ряде случаев снижается на 60 %, число ошибок в расчетных работах увеличивается более чем на 50 %.

Если уровень шума в производственных зонах превышает, нормы все работающие должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты и должны быть предприняты меры по ограничению уровня шума.

В литейных цехах много зон повышенного шума: шихтовые отделения при разгрузке, наборе и взвешивании шихты; плавильные отделения, оборудованные электродуговыми печами; формовочные и стержневые отделения при работе встряхивающих машин; отделения обрубки и очистки литья. Уровень шума в последних достигает 120 дБА.

В зависимости от среды, в которой распространяется звук, он условно подразделяется на структурный (распространяется в инженерных конструкциях и сооружениях) и воздушный (излучается непосредственно в воздух).

Физические характеристики шума. Шум как физический фактор представляет собой волнообразно распространяющееся механическое колебательное движение упругой среды. Физические характеристики шума определяются в соответствии с ГОСТ 12.1.003-86 ССБТ «Шум. Общие требования безопасности».

Основными характеристиками шума являются:

- интенсивность (сила звука) I , Вт/м²;
- звуковое давление P , Н/м², Па;
- мощность звука N , Вт.
- уровень интенсивности звука, дБ, рассчитывается по формуле

$$L_I = 10 \lg \frac{I}{I_0}, \quad (1.18)$$

- уровень звукового давления, дБ, рассчитывается по формуле

$$L_P = 20 \lg \frac{P}{P_0}, \quad (1.19)$$

- уровень звуковой мощности, дБ, рассчитывается по формуле

$$L_N = 10 \lg \frac{N}{N_0}, \quad (1.20)$$

где I , P , N – фактические значения интенсивности звука, звукового давления и мощности звука, соответственно;

I_0 – интенсивность звука на пороге слышимости, 10^{-12} Вт/м²;

P_0 – звуковое давление, при котором два звука еще можно различить, $2 \cdot 10^{-5}$ Па при частоте 1000 Гц;

N_0 – мощность звука на пороге слышимости, 10^{-12} Вт.

– частота звука f , Гц. Звуковой диапазон частот делится на три области, Гц: низкочастотную (16 – 400), среднечастотную (400 – 1000) и высокочастотную (свыше 1000).

При анализе шума звуковой спектр (звуковой диапазон частот) разбивают на **октавные полосы** (октавы). **Октава** – часть звукового спектра, для которой выполняется соотношение: частота верхняя, f_B , равна удвоенной частоте нижней, f_H . Относительно значений среднегеометрических частот октавных полос осуществляют нормирование уровней звукового давления. Среднегеометрическая частота определяется по формуле

$$f_{\text{ср.геом}} = \sqrt{f_H f_B}, \quad (1.21)$$

где $f_{\text{ср.геом}}$ – среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц;

f_H – нижняя частота октавы, Гц;

f_B – верхняя частота октавы, Гц.

– фактор направленности Φ , показывает во сколько раз фактическое значение интенсивности шума отличается от среднего значения его интенсивности (рис. 1.1), рассчитывается по формуле

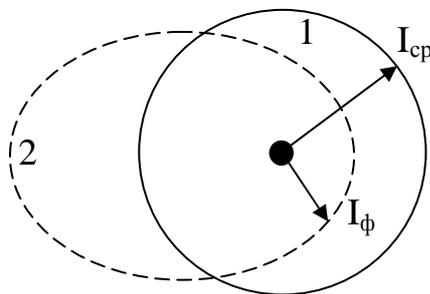
$$\Phi = I_\Phi / I_{\text{ср}}, \quad (1.22)$$

где I_Φ – фактическое значение интенсивности, Вт/м²;

$I_{\text{ср}}$ – среднее значение интенсивности, Вт/м².

– показатель направленности G , дБ, рассчитывается по формуле

$$G = 10 \lg \Phi \quad (1.23)$$



1 – теоретическая область распространения шума от источника шума;

2 – область распространения шума с учетом экранирования

Рисунок 1.1 – Распространение шума от источника шума теоретическое и с учетом экранирования

Классификация шума

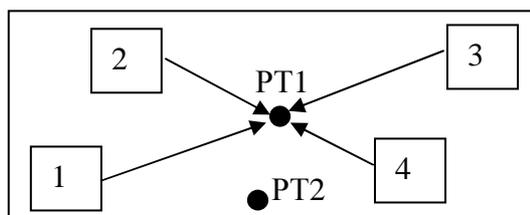
По **характеру спектра** шум делят на:

- *широкополосный* (шум характеризуется непрерывным спектром, охватывающим более чем одну октаву);
- *тональный* (шум одного тона).

По **временным характеристикам** шумы подразделяются на такие:

- *постоянные*, когда уровень звука изменяется не более чем на 5 дБ;
- *непостоянные*: колеблющиеся (уровень звука непрерывно меняется во времени), прерывистые (уровень звука резко падает до уровня фонового шума, длительность звука более 1 с), импульсные (состоят из одного или нескольких звуковых сигналов длительностью звука менее 1 с, действуют отрицательно как и тональный звук).

Методы акустических расчетов. Акустические расчеты проводят при проектировании рабочих мест в производственном помещении. Данные расчеты заключаются в определении уровня звукового давления в расчетных точках (РТ) (рис. 1.2).



1–4 – источники шума в цехе; РТ 1 – расчетная точка в зоне прямого звука;
РТ 2 – расчетная точка в зоне отраженного звука

Рисунок 1.2 – Схема взаимного расположения источников шума и расчетных точек

В паспортных данных оборудования приведена звуковая мощность и величина фактора направленности. Область распространения звука полусфера, площадь которой рассчитывается по формуле

$$S = 2\pi r^2, \quad (1.24)$$

где S – площадь полусферы, m^2 ;
 r – радиус полусферы, m .

Интенсивность звука рассчитывают согласно уравнению

$$I = \frac{N \Phi}{2\pi r^2 K}, \quad (1.25)$$

где N – мощность звука, Вт; –
 Φ – фактор направленности;
 K – коэффициент, учитывающий затухание шума за счет преодоления препятствий; $K = 1$, если $r \leq 50$ м.

Если выражение (1.25) разделить на I_0 , прологарифмировать, умножить на 10, то получим уравнение

$$10\lg \frac{I}{I_0} = 10\lg \frac{N}{I_0 1\text{м}^2} + 10\lg \Phi - 10\lg 2\pi r^2 - 10\lg K. \quad (1.26)$$

На основании формулы 1.26 очевидно, что определение уровня шума в расчетной точке для прямого звука возможно по формуле

$$L_I = L_N + G - 10\lg(2\pi r^2) - \Delta L, \quad (1.27)$$

где L_I – уровень интенсивности звука, дБ;
 L_N – уровень мощности звука, дБ;
 G – показатель направленности, дБ;
 ΔL – затухание звука, дБ, за счет преодоления различных препятствий, при отсутствии препятствий на пути распространения шума и небольших расстояниях равно нулю.

Суммирование уровней звука в расчетной точке от нескольких источников шума осуществляется по формуле

$$L = 10\lg \left(\sum_{i=1}^{i=n} 10^{0.1L_i} \right). \quad (1.28)$$

Если источники равношумящие, то формула (1.28) упрощается

$$\sum L = L_1 + 10 \lg n, \quad (1.29)$$

где n – количество равношумящих источников;

L_1 – уровень интенсивности одного из равношумящих источников, дБ.

Нормирование уровней шума. Нормирование шума осуществляется в соответствии с ГОСТ 12.1.003-86 ССБТ «Шум. Общие требования безопасности» и ДСН 3.3.6.037-99 «Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».

Нормы на уровни шума зависят от выполняемой работы и частоты звука (нормативные уровни звука при тональном и импульсном шуме должны снижаться на 5 дБ).

Совокупность 9 нормативных уровней (ПДУ) называется предельным спектром (ПС), № которого равен ПДУ со среднегеометрической частотой 1000 Гц.

Для рабочих мест в производстве ПС имеет № 75, для рабочих мест с речевой связью ПС имеет № 60. Нормативные значения уровней шума относительно среднегеометрических значений октавных полос представлены в таблице П.1 приложения П.

В тех случаях, когда уровень шума невозможно измерить или нормировать в отдельных октавных полосах, нормирование осуществляется в эквивалентных уровнях звука L_A , дБА.

$$L_{дБА} = \text{№ ПС} + 5 \quad (1.30)$$

В случае, когда отдельные частоты не выделяются, уровень шума в дБА измеряется шумомером на диапазоне А, который моделирует, в определенной степени, субъективное восприятие шума человеческим ухом (осуществляется интегральная оценка). Более объективно замеряются высокие звуки (частоты), низкие частоты замеряются не столь точно.

Мероприятия по защите от шума. При разработке технологических процессов, проектировании, изготовлении и эксплуатации машин, а также при организации рабочих мест необходимо осуществлять все необходимые мероприятия по снижению шума до значений, не превышающих допустимых норм.

В таблице Р. 1 приложения Р приведены характеристики уровней звуковой мощности для некоторого оборудования литейных цехов. Анализ этих данных показывает, что наиболее шумоопасным оборудованием в литейных цехах являются формовочные машины, выбивные решетки, пластовые мельницы, очистительные барабаны, пескометы, вибрационные сита и трамбовки.

Исходя из шумовых характеристик оборудования, выбранного для цеха или участка, и с учетом его расположения в производственном помещении, необходимо составить шумовую карту, которая имеет вид, представленный на рисунке 1.3.

Если известна звуковая мощность оборудования L_N , то уровень шума L от этого оборудования в расчетной точке, отдаленной от него на расстояние r , м, можно определить с помощью упрощенной формулы 1.31, которая не учитывает фактор направленности шума и затухание шума вследствие преодоления шумом препятствий

$$L = L_N - 10 \lg(2\pi r^2). \quad (1.31)$$

Суммарный уровень шума в расчетной точке от нескольких единиц оборудования, дБ, рассчитывается по формуле (1.28).

Если уровень шума на рабочих местах будет превышать нормативные значения, необходимо предусмотреть мероприятия по защите от шума, внести изменения в технологический процесс или пересмотреть виды оборудования.

Для выполнения шумовой карты необходимо избрать расчетные точки, определить в них уровни звука, исходя из которых, выделить шумовые зоны в цехе.

При планировке литейных цехов необходимо предусматривать максимально возможное в пределах одного здания удаление участков с интенсивными источниками шума от расчетной точки. Чтобы уменьшить воздействие шума на работающего, в помещении применяют кабины наблюдения, дистанционного управления и специальные боксы, где размещают оборудование. Для отдыха обслуживающего персонала устраивают зоны, в которых потолки и стены покрывают звукопоглощающими материалами. Если установленное в цехе оборудование издает шум, превышающий допустимые нормы, его помещают в отдельных звукопоглощающих боксах или камерах, покрывают звукоизолирующими кожухами или устанавливают акустические экраны.

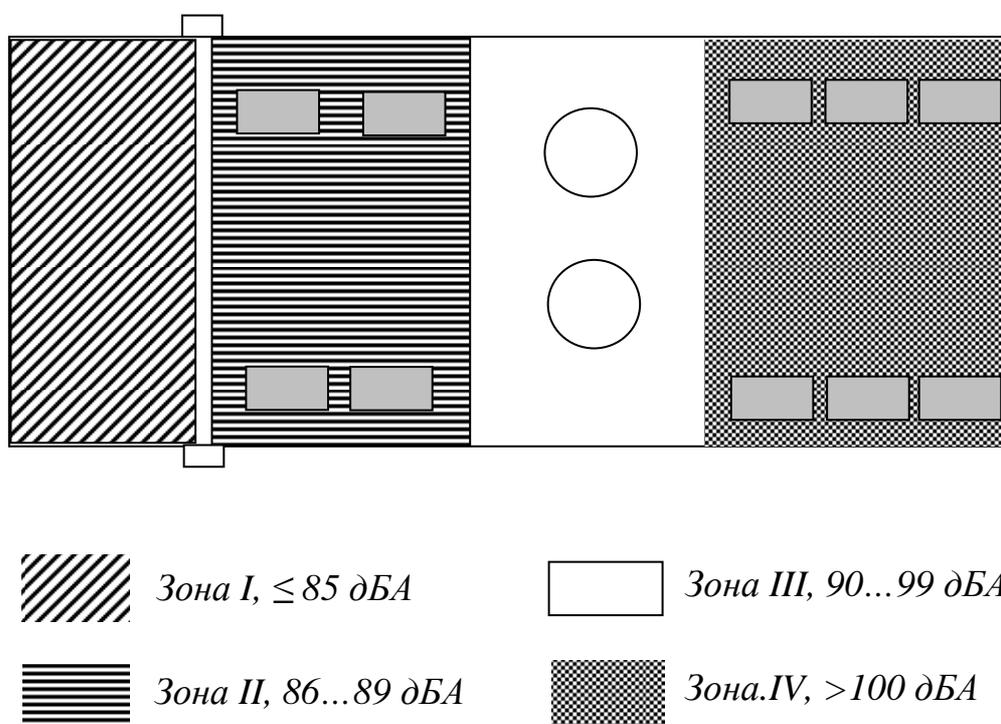


Рисунок 1.3 – Шумовая карта производственного помещения

Уменьшение шума в источниках его возникновения. Этот метод наряду с правильной планировкой литейного цеха является основным. Он заключается в качественном монтаже, правильной эксплуатации оборудования, своевременном проведении планово-предупредительных ремонтов.

Планирование мероприятий должно производиться на основании анализа технологического состояния оборудования и исследования спектров шума на рабочих местах и в целом на производственном участке. Следует отказаться

от применения оборудования и процессов, являющихся источниками повышенного шума, и заменить их новыми, более прогрессивными. Например, изготовление литейных жидких самотвердеющих смесей позволило отказаться от ручных пневматических трамбовок и другого шумного литейного оборудования. В зоне удаления земли после литья можно использовать электрогидравлический метод очистки, который по своим технологическим характеристикам обеспечивает не только высокую производительность и экономический эффект, но и значительно улучшает условия труда на обрубном участке. Использование газопламенного строгания и фрезерования вместо пневматической зачистки и обработки сварных швов отливок дает возможность снизить уровни шума на рабочих местах на 6...11 дБА.

Звукопоглощающие кожухи. Один из простых и дешевых способов снижения шума – устройство звукоизолирующих кожухов, полностью закрывающих шумные агрегаты. Благодаря этому способу шум в расчетных точках (рабочие места обслуживающего персонала) значительно снижается.

Кожухи могут быть съемными или разборными. При необходимости в них делают смотровые окна, открывающиеся дверцы-люки, проемы для подвода различных коммуникаций. Однако все перечисленные элементы должны быть выполнены таким образом, чтобы обеспечить такую же эффективность звукопоглощения, как и при сплошном кожухе.

Изготавливают кожухи из стальных листов толщиной 1,5...2 мм, алюминиевых листов толщиной 2...3 мм; из стеклопластика толщиной 3...5 мм, фанеры и других листовых материалов, способных обеспечить пожарную безопасность и технологическую возможность производства. Внутри кожух должен быть облицован звукопоглощающим материалом (минеральное или стеклянное волокно), минимальный слой которого после окончательного закрепления должен составлять 40...50 мм.

Акустические экраны. Они дают относительно низкое ослабление шума в определенных направлениях и действуют за счет эффекта отражения волн на преградах и рассеянии звука на звукопоглощающих поверхностях со специальным покрытием. Экспериментально установлено, что в особо благоприятных условиях экраны обеспечивают снижение уровня шума на 10...15 дБ.

Акустические экраны целесообразно устанавливать, когда в расчетной точке уровень звукового давления прямого звука от рассматриваемого источника существенно выше, чем от соседних.

Экранирующие устройства должны быть немассивными, непроницаемыми, достаточно прочными и устойчивыми против различных метеорологических воздействий. Их изготавливают из строительных материалов: тонкого листового металла, пиломатериалов, кирпича, асбоцемента. Экраны выполняют в виде: каркасов из металлических профилей, облицованных звукопоглощающими плитами; жалюзи, элементы которых покрыты специальным материалом; акустических занавесов, изготавливаемых из тяжелых звуконепропускаемых матов.

В промышленной звукоизоляции применяются также стрингерные (состоящие из листового металла, на поверхности которого закреплены ребра жесткости – стрингеры) и сотовые конструкции.

Звукоизоляция стрингерных панелей в интервале частот 63...8000 Гц может достигать 20...30 дБ.

Металлические сотовые конструкции – сотовый наполнитель, распределенный между листовым металлом, эффективно снижает звуковое давление. В зависимости от размера ячейки наполнителя звукоизоляция такой конструкции в интервале частот 63...8000 Гц может достигать 40 дБ.

Например, шумозаглушающими конструкциями должны быть оборудованы барабаны для очистки отливок от формовочной земли (расчет и проектирование данных конструкций приведены в [2]). Для предотвращения проникновения шума с участка обработки отливок пневмозубилами и наждачными кругами необходимо этот участок отделить от другой части литейного цеха экраном, имеющим звукопоглощающую облицовку [2]. Высота экрана должна быть не менее 3 м. Необходимо также предусмотреть средства индивидуальной защиты.

В некоторых случаях при очень высоких уровнях шума, рациональным является изоляция рабочего места, так на рабочем месте операторов пескомета и электропечи необходимо устанавливать пульта управления в звукоизолирующих кабинах [2].

Акустическая обработка помещений. Акустическая обработка заключается в установке звукопоглощающих облицовок и штучных звукопоглотителей для уменьшения интенсивности отраженных звуковых волн.

Выбор конструкции звукопоглощающей облицовки должен производиться не только для максимального снижения шума в какой-либо активной полосе, но и для обеспечения работоспособности облицовки в конкретных производственных условиях. Такие облицовки устанавливают на потолке и стенах. Площадь облицованных поверхностей должна составлять не менее половины общей площади ограничивающих помещения поверхностей [1].

1.3.3 Вибрация в литейных цехах

Источниками общей вибраций в литейных цехах являются ударные действия выбивных решеток, пневматические формовочные, центробежные и другие машины, приводящие к сотрясению пола и других конструктивных элементов здания, а источниками локальной вибрации – пневматические рубильные молотки, трамбовки и т.д. Параметры общей и локальной вибрации регламентируются ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ «Вибрационная безопасность. Общие требования» и ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації».

Вибрация возникает от силовых неуравновешенных воздействий. Различают **общую вибрацию**, которая передается через ступни ног, и **местную вибрацию**, которая передается при контакте рук с вибрирующим инструментом, а если человек сидит, то через корпус туловища.

Действие вибрации на организм человека. В результате действия вибрации на организм человека возникают профзаболевания: виброболезнь, неврит. Основными жалобами являются головная боль, бессонница, нарушение вестибулярного аппарата, повышенная утомляемость, нервно-сосудистые заболевания.

При локальной вибрации возникают изменения в костно-суставном аппарате, спазм сосудов конечностей.

Если на человека воздействуют совместные типы вибраций, то возникают гастриты, желудочно-кишечные заболевания, сердечно-сосудистые заболевания.

Общая вибрация наиболее неблагоприятна на резонансных с организмом частотах (6–9 Гц – собственная частота). Вибрация головы относительно плеч 17–25 Гц. При 6–9 Гц может произойти обрыв плевы. Колебания частотой 17–25 Гц дает бурильный молоток.

Нормирование вибрации. Нормирование вибрации осуществляется согласно ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ «Вибрационная безопасность. Общие требования». Гигиеническую оценку вибрации дают в соответствии с ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації».

Величинами, которые нормируются, является виброскорость v , м/с (при v_{480} человек может работать весь рабочий день) и уровень вибрации L_v , дБ. Уровень вибрации рассчитывается по формуле

$$L_v = 20 \lg v/v_0, \quad (1.32)$$

где v , v_0 – фактическая виброскорость и опорная виброскорость соответственно, м/с; $v_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ м/с.

Допустимые уровни вибрации приведены в таблице 1.13.

При действии вибрации не полную смену нормативные значения могут увеличиваться и рассчитываются по формуле

$$v_t = v_{480} \sqrt{\frac{480}{t}}, \quad (1.33)$$

где t – время воздействия вибрации за смену, мин.

Таблица 1.13 – Допустимые уровни вибрации

Вид вибрации	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Общая вибрация	$\frac{1,3}{108}$	$\frac{0,45}{99}$	$\frac{0,22}{93}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	–	–	–	–
Локальная вибрация	–	–	$\frac{2,8}{115}$	$\frac{1,4}{109}$						

Примечание. В числителе – v_{480} , м/с $\cdot 10^{-2}$, в знаменателе – уровень вибрации L_v , дБ.

Максимальное значение v_t не должно превышать значений, соответствующих для общей вибрации при времени воздействия t равном 10 мин. Для локальной вибрации – не более, чем при времени воздействия t равном 30 мин.

Мероприятия по снижению вибрации. Основными мерами снижения вибрации являются:

- снижение вибрации в ее источнике путем совершенствования конструкций машин и техпроцессов;

- балансировка оборудования;

- использование гидроприводов;

- отстройка от режима резонанса. Это достигается изменением характеристик систем, например, массы или жесткости, в этом случае предусматриваются ребра, утолщение конструкций; установкой нового режима работы, например, изменение частоты вращения и др.;

- виброгашение, что предполагает уменьшение уровня вибрации, путем введения в систему дополнительных реактивных сопротивлений или установкой оборудования на специальные изолирующие фундаменты с амплитудой A , равной 0,1–0,2 мм, применением виброгасителей.

- вибродемпфирование. Данная мера заключается в превращении энергии виброколебаний в другие виды энергии, например, в тепловую (при этом используют материалы с большим коэффициентом внутреннего трения) или в энергию токов Фуко или в энергию электромагнитного поля;

- виброизоляция, т. е. уменьшение уровня вибрации путем уменьшения передачи колебаний от источника вибрации за счет введения упругой связи, например, установка оборудования на амортизаторы.

- соблюдение оптимального режима работы (длительность работы в условиях вибрации должна быть не более 2/3 от продолжительности рабочей смены, продолжительность обеденного перерыва не менее 40 мин, дополнительные перерывы через 1–2 часа работы);

- прохождение обязательных регулярных медосмотров один раз в год, соблюдение различных гигиенических мероприятий;

- использование индивидуальных средств защиты, к которым относятся специальные рукавицы, накладки при работе с виброинструментом, специальная обувь для защиты от общей вибрации.

1.3.4 Ультразвук

Ультразвук – это колебания с частотой $f \geq 20$ кГц.

Ультразвук в литейных цехах применяется для обработки жидких расплавов, очистки отливок, а также в установках и системах очистки газов. Для этого

используют генераторы с диапазоном частот 18-22 кГц. Уровень ультразвука необходимо контролировать.

Действие ультразвука на организм человека. Действие ультразвука похоже на действие шума. Реакция организма наблюдается в день воздействия и на 3-5-й день облучения. Воздействие ультразвука проявляется в учащении пульса, урежении дыхания. Особенно опасным является контактное воздействие через жидкую или твердую фазы. Ультразвук может вызывать кавитацию крови (разрушение протоплазмы крови).

Нормирование ультразвука. Нормирование ультразвука начинается с 11,2 кГц. Это связано с тем, что при работе промышленных установок возникает унтертон на частоте 1/2 рабочей, он помещается в звуковой диапазон.

Низкочастотный ультразвук относится к диапазону 11,2 – 100 кГц, высокочастотный ультразвук – к диапазону > 100 кГц.

Нормирование ультразвука производится согласно ГОСТ 12.1.001-89 ССБТ «Ультразвук. Общие требования безопасности». Допустимые уровни ультразвукового давления должны учитываться при проектировании ультразвукового оборудования (табл. 1.14).

Таблица 1.14 – нормирование уровней ультразвука относительно среднегеометрических частот

Среднегеометрическая частота, f кГц	12,5	16	20	25	31,5-100
Нормируемый уровень звука, дБ	80	90	100	105	110

Мероприятия по защите от ультразвука. Для эффективной борьбы с ультразвуком оборудования необходимо знать акустическую мощность излучения, т.е. генерируемую мощность.

Основными методами защиты от ультразвука являются:

- повышение рабочей частоты;
- снижение ультразвука в источнике;
- устройство звукоизолирующих кожухов или экранов;
- исключение контакта рук рабочих с обрабатываемыми деталями, жидкостью, источниками ультразвука (автоматизация, блокировки, механизация);
- расположение технологических ультразвуковых устройств в звукоизолирующих кабинах.

1.3.5 Электромагнитные поля и излучения

Электромагнитные поля в литейных цехах генерируются электротермическими установками для плавки и нагрева металла, сушки форм и стержней

и др. Требования к размещению высокочастотных установок указаны в «Правилах безопасности при эксплуатации электротермических установок повышенной и высокой частоты».

Таблица 1.15 – Классификация диапазонов ЭМП

Диапазон волновой	Длина волны, λ , м	Частотный диапазон, f, Гц	
Длинные	10000...1000	$3 \cdot 10^4 \dots 3 \cdot 10^5$	ВЧ
Средние	1000...100	$3 \cdot 10^5 \dots 3 \cdot 10^6$	
Короткие	100...10	$3 \cdot 10^6 \dots 3 \cdot 10^7$	УВЧ
Ультракороткие (УКВ)	10...1	$3 \cdot 10^7 \dots 3 \cdot 10^8$	
дм	1...0,1	$3 \cdot 10^8 \dots 3 \cdot 10^9$	СВЧ
см	0,1...0,01	$3 \cdot 10^9 \dots 3 \cdot 10^{10}$	
мм	0,01...0,001	$3 \cdot 10^{10} \dots 3 \cdot 10^{11}$	

Действие электромагнитных излучений на организм человека. Наиболее чувствителен организм человека к воздействию СВЧ. Последствия чаще всего обратимы, если длительность работы не более 5 лет.

Различают следующие виды воздействия СВЧ:

- тепловое (поглощение энергии и разогрев тканей, используется в медицине);
- морфологическое (существенные изменения в печени, почках);
- функциональное (боли в области сердца, изменение артериального давления и пульса, снижение частоты сердечных сокращений; на диапазоне СВЧ возможна катаракта и трофические явления: выпадение волос, ломкость ногтей, сухость кожи).

Влияние на организм человека УВЧ. При воздействии излучения в диапазоне УВЧ поглощение энергии происходит локально, затем в больное место поступает кровь и вымывает продукты распада.

Количественные характеристики. На диапазонах ВЧ и УВЧ основными характеристиками являются напряженность электрического поля, E , В/м и напряженность магнитного поля, H , А/м.

Опасной величиной является напряженность магнитного поля, H , которая составляет 150 – 200 А/м (приводит к тепловому разогреву).

Для СВЧ нормируется плотность потока мощности энергии (ППЭ), Вт/м² (табл. 1.16). Опасной величиной является плотность потока мощностью энергии более 100 Вт/м².

Таблица 1.16 – Нормирование в диапазоне СВЧ

ППЭ, Вт/м ²	Время пребывания, мин	Примечание
До 0,1	Весь рабочий день	–
До 1	2 часа	Ост. время 0,1 Вт/м ²
До 10*	10 мин	– «–

Примечание. *Обязательное пользование защитными очками.

Нормы регламентируются ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ «Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля». Предельно допустимые значения E и H в диапазоне частот 60 кГц – 300 МГц на рабочих местах персонала определяют исходя из допустимой энергетической нагрузки и времени воздействия по формулам

$$E_{п.д} = \sqrt{\frac{\text{ЭН}_{E_{п.д}}}{t}}, \quad (1.34)$$

$$H_{п.д} = \sqrt{\frac{\text{ЭН}_{H_{п.д}}}{t}}, \quad (1.35)$$

где $E_{п.д}$ – предельно допустимая напряженность электрического поля, В/м;

$H_{п.д}$ – предельно допустимая напряженность магнитного поля, А/м;

$\text{ЭН}_{E_{п.д}}$ – предельно допустимое значение энергетической нагрузки в течение рабочего дня, $(\text{В/м})^2 \cdot \text{ч}$;

$\text{ЭН}_{H_{п.д}}$ – предельно допустимое значение энергетической нагрузки в течение рабочего дня, $(\text{А/м})^2 \cdot \text{ч}$;

t – время воздействия, ч.

Максимальные значения $E_{п.д}$, $H_{п.д}$, $\text{ЭН}_{E_{п.д}}$, $\text{ЭН}_{H_{п.д}}$ приведены в таблице 1.17.

Таблица 1.17 – Значения энергетической нагрузки

Параметр	Частота, МГц		
	0,06...3	3...30	30...300
$E_{п.д}$, В/м	500	300	80
$H_{п.д}$, А/м	50	–	–
$\text{ЭН}_{E_{п.д}}$, $(\text{В/м})^2 \cdot \text{ч}$	20000	7000	800
$\text{ЭН}_{H_{п.д}}$, $(\text{А/м})^2 \cdot \text{ч}$	200	–	–

Одновременное воздействие электрического и магнитного полей в диапазоне частот от 0,06 до 3 МГц следует считать допустимым при условии

$$\frac{\text{ЭН}_E}{\text{ЭН}_{E_{п.д}}} + \frac{\text{ЭН}_H}{\text{ЭН}_{H_{п.д}}} \leq 1, \quad (1.36)$$

где ЭН_E и ЭН_H – энергетические нагрузки, характеризующие воздействия электрического и магнитного полей.

Методы защиты от электромагнитных полей и излучений:

– уменьшение мощности излучения в самом источнике;

– защита временем. Допустимое время воздействия излучения определяется из формул

$$t_{\text{доп}} = \frac{\text{ЭН}_{\text{Епд}}}{E_{\text{ф}}^2}, \quad (1.37)$$

$$t_{\text{доп}} = \frac{\text{ЭН}_{\text{Нпд}}}{H_{\text{ф}}^2}, \quad (1.38)$$

где $t_{\text{доп}}$ – допустимое время воздействия излучения, ч;

$E_{\text{ф}}$ – напряженность электрического поля фактическая, В/м;

$H_{\text{ф}}$ – напряженность магнитного поля фактическая, А/м;

$\text{ЭН}_{\text{Епд}}$ – предельно допустимое значение энергетической нагрузки в течение рабочего дня, $(\text{В/м})^2 \cdot \text{ч}$;

$\text{ЭН}_{\text{Нпд}}$ – предельно допустимое значение энергетической нагрузки в течение рабочего дня, $(\text{А/м})^2 \cdot \text{ч}$;

– защита расстоянием;

– использование поглотителей мощности, волноводных ослабителей, делителей мощности;

– экранирование источников излучения или рабочих мест. В качестве экранов применяется латунь, медь, алюминий, медная сетка (4x4 мм), обязательно должна быть предусмотрена вентиляция.

– применение средств индивидуальной защиты (очки со специальной пленкой, халаты, комбинезоны из ткани радиотехнической РТ).

Защищают органы наиболее подверженные повреждениям, а именно спинной мозг, мочеполовая система.

Отрицательное действие оказывают электрические поля, образующиеся в районе линий высокого напряжения.

Опасная зона воздействия располагается на расстоянии:

$R = 20$ м (для линий напряжением $U = 400 - 500$ кВ).

$R = 30$ м (для линий напряжением $U = 750$ кВ).

Допустимой величиной напряженности является значение 5 кВ/м при воздействии весь рабочий день. При более высоких значениях напряженности время воздействия уменьшается до величин: при E до 10 кВ/м до 180 мин; при E в интервале 10-15 кВ/м до 90 мин; при $E > 15$ кВ/м до 5 мин.

Нормативные значения уровня электрических полей на рабочем месте регламентирует ГОСТ 12.1.002-84 ССБТ «Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах».

Допустимые уровни напряженности электростатических полей устанавливаются в зависимости от времени пребывания персонала на рабочих местах

в соответствии с ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ «Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочем месте и требования к проведению контроля». Данный стандарт распространяется на электростатические поля, создаваемые при эксплуатации электроустановок высокого напряжения постоянного тока и электризации диэлектрических материалов. Предельно допустимый уровень напряженности электростатических полей устанавливается равным 60 кВ/м в течение одного часа. При напряженности электростатических полей менее 20 кВ/м время пребывания в электростатических полях не регламентируется.

Электромагнитные поля, возникающие при индукционной плавке Индукционные печи создают электромагнитные поля, отрицательно влияющие на человека, что является следствием возникновения проблем на основе биоэлектромагнитной совместимости. Электромагнитные поля снижают работоспособность, повышают утомляемость, вызывают головные боли, бессонницу, изменение кровяного давления и пульса.

Исследование взаимосвязи электромагнитных полей с онкологическими заболеваниями показало, что электромагнитные поля представляют значительную угрозу здоровью в отношении раковых заболеваний, особенно опухолей нервных сетей, головного мозга и лейкемии. Большой вред наносят поля высокой частоты. При этом, если электрические поля воздействуют только на поверхность тела, то магнитные поля – на сердце, ток крови, и они беспрепятственно проникают внутрь тела человека [1].

Поэтому при применении индукционных плавильных печей необходимо принимать меры по защите работающих от воздействия электромагнитных полей.

Одной из таких мер является правильный выбор типа печей. Наименее опасны в этом отношении канальные печи, у которых напряженность магнитного поля на рабочей площадке равна нулю, так как у канальных печей магнитные поля поглощаются сердечником.

Во многих случаях есть выбор между индукционными плавильными печами средней и промышленной частоты. Печи промышленной частоты имеют более высокий уровень напряженности магнитного поля, чем печи средней частоты.

Сравнение напряженности магнитного поля, замеренной на расстоянии 1 м и высоте 1,5 м от работающих, индукционных печей промышленной и средней частоты примерно при равных условиях, показало, что эта величина для печей промышленной частоты (50 Гц) составила в среднем 32,25 А/м, а для печей средней частоты (250 Гц) – 16,6 А/м.

Величины напряженности магнитного поля печей средней частоты приведены в таблице 1.18 [1].

Существенным фактором, влияющим на напряженность магнитных полей индукционных плавильных печей, являются экранирующие магнитопроводы, наличие которых в конструкции печи является необходимым.

Магнитопроводы позволяют уменьшить влияние магнитного поля на обслуживающий персонал, работающий вблизи индукционных установок для нагрева заготовок, на 20...70%.

Большое значение для величины напряженности магнитного поля имеет расстояние точки замера от печи. С увеличением расстояния от центра печи вверх по вертикали и от печи по горизонтали напряженность магнитного поля уменьшается. Этот фактор необходимо учитывать при разработке инструкций по технике безопасности для производственного персонала. В инструкции по технике безопасности должно быть точно указано, на каком расстоянии от печи должен находиться сталевар в те периоды, когда он выполняет технологические операции непосредственно с металлом и шлаком, а также обязательно должно быть указано, что при выполнении операций с металлом и шлаком печь должна быть отключена.

Таблица 1.18 – Напряженность магнитного поля у печей средней частоты

Фирма-изготовитель печи	Вместимость печи, кг	Рабочая частота печи, Гц	Мощность, кВт	Напряженность магнитного поля, Е, на расстоянии 1 м от печи, А/м
«Эгес», Турция	1000	1000	600	17,1
«РЭЛТЭК», Россия	400	2400	320	40
ABB, Германия	4500	500	–	56
	500	1000	300	80
	12000	240	9300	80
	2000	370	200	50

Требования по напряженности магнитного поля для диапазона частот 60 кГц...300 МГц устанавливает ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ «Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля».

При воздействии электромагнитного поля в течение 8 ч уровень напряженности магнитного поля не должен превышать 5 А/м [1].

Замеры напряженности магнитного поля на рабочих местах высокочастотных установок, работающих в диапазоне частот 66...440 кГц, показали, что эта величина составляет 1..3 А/м.

На предприятиях, где работают индукционные печи, необходимо периодически проводить контроль напряженности магнитного поля в рабочей зоне.

1.3.6 Ионизирующие излучения

Источники ионизирующих излучений в литейном производстве применяют для плавки, выявления дефектов в отливках, контроля и автоматизации технологических процессов и др. Основными документами, регламентирующими

радиационную безопасность, являются закон Украины «О защите человека от воздействия ионизирующего излучения» (№ 15/98-ВР, ред. от 29.09.13), «Нормы радиационной безопасности Украины» (НРБУ-97 № 208 от 14.07.97), «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности Украины» (№ 54 от 02.02.05), «Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений» (ОСП-72/87).

Для работы со стационарными установками с закрытыми гамма-нейтронными источниками предусматривают изолированные помещения, преимущественно в отдельном доме или в отдельной одноэтажной части здания.

Хранилища для радиоактивных веществ оборудуют соответствующей защитой от излучений и вытяжной вентиляцией.

Для защиты от ионизирующих излучений на рабочих местах используют экранирование, которое снижает облучение до допустимой величины [2].

1.3.7 Электрический ток

Основными источниками опасности поражения электрическим током в литейных цехах являются электропечи, машины и механизмы с электроприводом. Применяемое электрооборудование в основном работает под напряжением до 1000 В, при использовании электротермических установок – выше 1000 В. Основные требования электробезопасности представлены в ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты», ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ «Электробезопасность. Защитное заземление, зануление», ГОСТ 12.2.007.0-89 ССБТ «Изделия электротехнические. Общие требования безопасности», НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок».

Рассматривая вопросы электробезопасности необходимо привести схему электрозащиты, которая способна обеспечить безопасность эксплуатации электрооборудования, а также проанализировать условия применения и принцип действия системы сигнализации на случай опасности.

Особое внимание необходимо уделять помещениям и внешним зданиям, в которых производятся, перерабатываются или сохраняются взрыво-, пожароопасные материалы. Данные материалы должны быть классифицированы в соответствии с их взрывоопасностью и пожароопасностью согласно требованиям «Правил устройства электроустановок».

В электрических схемах управления необходимо предусмотреть защиту от перегрузки и коротких замыканий. При работах, связанных с опасностью поражения электрическим током, необходимо использовать защитные средства.

Электроинструмент, переносные электролампы, понижающие трансформаторы и преобразователи частоты тока при выдаче на руки должны проверяться на отсутствие замыкания на корпус, на исправность заземляющего провода и изоляции питательных проводов [2].

1.3.8 Транспортные средства

Литейные цеха оснащены транспортными и грузоподъемными механизмами; машинами для приготовления формовочных и стержневых смесей и составов, форм и стержней; устройствами для выбивки отливок; разнообразными механизмами для финишных операций и др. Выполнение любой из операций на указанном оборудовании связано с опасностью травмирования обслуживающего персонала вследствие наличия опасных зон в машинах и механизмах.

Требования безопасности при подъемно-разгрузочных работах. Основные требования безопасности при проведении погрузочно-разгрузочных работ регламентирует ГОСТ 12.3.009-76 ССБТ «Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности». В дипломном проекте необходимо обосновать выбор подъемно-транспортных средств с точки зрения безопасности труда и разработать основные мероприятия по предупреждению травматизма при передвижении грузов, также необходимо обосновать выбор места осуществления этих работ. Наиболее перспективным методом предупреждения травматизма при выполнении данных работ является их механизация и автоматизация.

Необходимо кратко привести основные требования к выполнению работ грузоподъемными машинами касательно основных технологических процессов, а также привести мероприятия по уменьшению пылевыделения при транспортировке грузов, характеризующихся способностью образовывать большое количество пыли [2].

Особое внимание необходимо уделять безопасности при передвижении жидкого металла и шлаков. Перспективным методом является замена внутрицехового транспорта непрерывными видами транспорта. Для подачи шихтовых материалов желательно применять транспортеры. Перевозку жидкого металла в ковшах можно заменить транспортировкой металла по трубам с использованием электромагнитных насосов [2].

При перевозке жидкого металла, шлаки, расплава и т.п. особое внимание необходимо уделять предотвращению разбрызгивания, а также выполнению требований, предъявляемых к отдельным элементам разливных кранов. Центр тяжести заправляемого сталью ковша должен быть хотя бы на 220 мм ниже оси его вращения для предотвращения переворачивания.

Для места разлива жидкого металла должно быть предусмотрено ограждение перилами, также должно быть предусмотрено дистанционное управление разливом металла.

В литейных цехах очень распространенным является использование конвейерного транспорта для передвижения любых грузов. В пояснительной записке студенту необходимо привести основные мероприятия по предупреждению травматизма при эксплуатации конвейерного транспорта.

1.3.9 Взрыво-, пожароопасность в металлургических цехах

Определение пожарной опасности производства включает следующие этапы:

- определение пожарной опасности материалов;
- исследование опасности возникновения пожара;
- исследование опасности распространения пожара.

Определение пожарной опасности материалов. В процессе производства используются разнообразные технологические материалы. Для каждого из них необходимо установить основные показатели пожарной опасности (горючесть, способность вспыхивать, взрывоопасность, температуру вспышки, нижнюю концентрационную границу), а также физико-химические свойства, которые влияют на условия возникновения и развитие пожара в конкретных условиях производства (при рабочих давлениях, температуре и т.п.). Рядом с определением пожежо- и взрывоопасных свойств материалов необходимо знать их количество на разных участках производства и пожарную опасность проектированного оборудования.

Исследование опасности возникновения пожара. Исследование опасности возникновения пожара предусматривает установление возможности одновременного появления и взаимодействия в соответствующем соотношении трех компонентов, которые необходимы для возникновения пожара: горючего материала, окислителя и источника зажигания. В большинстве случаев окислителем является кислород воздуха из окружающей среды. Источники зажигания на производстве могут быть технологическими, естественными или из-за неосмотрительности рабочих при действиях с огнем. Поэтому при анализе опасности возникновения пожара необходимо установить возможность следующих ситуаций:

- образование горючего среды внутри оборудования при его нормальной работе, а также в периоды пуска и остановки;
- образование горючей среды в помещениях и на открытых площадках при выходе горючих материалов из нормально действующего оборудования;
- повреждение оборудования с выходом из него горючих материалов и образованием горючей среды в помещении и на открытых площадках;
- возникновение контакта с горючей средой производственных и естественных источников зажигания, а также источников от неосмотрительного пользования огнем.

Особое внимание необходимо уделять оценке опасности возникновения пожара в особых условиях производства (ремонтные работы, пуск или авария). Одной из основных причин возникновения пожаров на производстве является неисправность и неверная эксплуатация электротехнических устройств. В большинстве случаев пожары имеют место в результате коротких замыканий в электрических сетях; перегрева и возгорания веществ и материалов, которые находятся в непосредственной близости к электрооборудованию; токовых

перегрузок проводов в электрических машинах; больших перепадов сопротивления; электрических искр и др. В металлургическом производстве много технологических процессов, которые характеризуются опасностью возникновения пожара. Анализ пожарной опасности необходимо проводить, исходя из конкретных условий и используемого оборудования.

Исследование опасности распространения пожара. Такие исследования являются необходимыми при проектировании цеха. При этом необходимо установить возможные размеры разных зон пожара (горения, излучения, задымления, взрыва), в которых возможны тяжелые последствия (человеческие жертвы и материальные потери). Исходными точками при расчете зон пожара, прежде всего, являются места с наибольшей вероятностью возникновения пожара от технологических причин; если явных технологических причин нет, то необходимо учесть наиболее вероятные места возникновения пожара от естественного источника зажигания или от неосмотрительного использования пламени. При большой площади производственного цеха (участка) необходимо рассмотреть возможность возникновения пожара с нескольких исходных точек.

Определение категории производства по взрывной и пожарной опасности осуществляется в зависимости от взрывной и пожарной опасности веществ и материалов, которые хранятся на складах, транспортируются и используются в цехах, на рабочих местах и в агрегатах. Все производства делятся на пять категорий: А, Б, В, Г, Д.

Категория А – производства, в которых находятся в обращении горючие газы с НПВ до 10 % к объему воздуха, жидкости с температурой вспышки паров до 28°C при условии, что указанные газы и жидкости могут образовать взрывоопасные смеси в объеме, превышающем 5 % объема помещения; вещества, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и друг с другом.

Категория Б – производства, в которых находятся в обращении горючие газы с НПВ более 10% к объему воздуха; жидкости с температурой вспышки паров от 28 до 61°C (включительно); жидкости, нагретые в условиях производства до температуры вспышки и выше, горючие пыли или волокна с НКПВ до 65 г/м³, при условии, что указанные газы, жидкости и пыли могут образовать взрывоопасные смеси в объеме, превышающем 5% объема помещения.

Категория В – производства, в которых находятся в обращении жидкости с температурой вспышки паров выше 61°C; горючие пыли или волокна с НКПВ более 65 г/м³; вещества, способные гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и друг с другом; твердые сгораемые вещества и материалы.

Категория Г – производства с применением несгораемых веществ и материалов в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени; твердых, жидких и газообразных веществ, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива.

Категория Д – производства с применением несгораемых веществ и материалов в холодном состоянии.

В зависимости от категории производства предъявляются соответствующие требования к огнестойкости зданий и сооружений, размещению их на территории предприятия, наличию средств пожаротушения и т. п., к устройству электрооборудования.

На металлургических предприятиях к **категории А** относят производства, которые связаны с хранением и применением горючих газов. Такими производствами являются, например, отделения диссоциации аммиака; станции получения защитного газа и ацетилена; компрессорные горючих газов; машинные залы коксового и смешанного газов; газорегуляторные и газораспределительные пункты; цеха наполнения ацетилена, водорода, естественного и генераторного газов; очистки и сушки водорода. К категории А также относятся производства, которые связаны с использованием бензина, бензола и других огнеопасных жидкостей с температурой вспышки паров до 28°C включительно, насосные для перекачки таких жидкостей, а также жидкой серы (без отдувки сероводорода), все производства связанные с использованием трихлорсилана и триэтилэтоксилана, тетракарбонила никеля и др. Относятся к категории А также производства, связанные с использованием твердых веществ, например, производство и хранение карбида кальция, производство порошков: никелевых, кобальтовых, редкоземельных металлов и т.п.

На металлургических предприятиях к **категории Б** относят много производств, которые связаны с использованием горючих газов: участки (цеха) наполнения аммиака; аммиачные компрессорные; помещения для хранения баллонов с аммиаком; склады концентрированной аммиачной воды; склады баллонов с горючими газами; газоочистные установки технологических газов в доменных, конверторных, электросталеплавильных, ферросплавных цехах; установки нагнетания газов на конверторах без дожигания оксида углерода или с частичным дожиганием; компрессорные и смесительные станции доменного газа и т.г. К категории Б также относятся производства, связанные с использованием жидкостей с температурой вспышки 28...61°C включительно: реagentные цехп (отделения) с использованием таких жидкостей; участки допрессовки огнеупорных изделий с использованием керосино-стеариновых смесей (краскозаготовительные, малярные, красильные отделения и участки с использованием растворителей, которые имеют указанную выше температуру вспышки, склады закрепителей на основе уайт-спирита и т. г.). К этой же взрывопожароопасной категории относятся производства, связанные с использованием или образованием горючей пыли: отделения дробления угля, подземные углеприемные ямы, закрытые галереи для транспортировки угля, дозировочные и углеразгрузочные установки, установки подачи пылеугольного топлива к печам, отделения приготовления шихты для производства спеченных изделий (порошковая металлургия), склады хранения сернистого цинка и стеарата цинка, отделение спекания и смешивания азотированного марганца с порошком алюминия и брикетирования

сухих порошков марганца и алюминия, отделения приготовления экзотермических смесей, склады сажи, отделения бакелитовых покрытий, нанесения на изделия эпоксидных смол методом распыления и т.п. Значения нижнего концентрационного предела воспламенения и температуры воспламенения в воздухе некоторых металлических порошков приведены в таблице С.1 приложения С [6].

К **категории В** относят те производства, где используются горючие жидкости с температурой вспышки паров выше 61°С (мазут, минеральные и растительные масла, жиры, смолы и др.). К этой категории относят станции централизованного смазывания, склады масел, помещения масляных трансформаторов, насосные станции, маслотуннели гидравлических систем, маслоохладительные установки, краскозаготовительные, малярные, окрасочные отделения и участки с применением растворителей, имеющих указанную выше температуру вспышки. К категории В также относятся производства, связанные с обращением горючей пыли и волокон, а также твердых сгораемых веществ: бункерные эстакады с подбункерными помещениями доменных печей; отделения изготовления шихты в порошковой металлургии, сушки, отсева, усреднения, хранения порошков, травления чушек магния, разливки магния и его сплавов, электрокабельные и электромашинные помещения, деревообрабатывающие и модельные цеха, аппараты связи, телемеханика, вычислительные центры и помещения ЭВМ.

К **категории Г** относятся доменные и металлургические печи, цеха горячей прокатки,ковки и штамповки металла, плавильные отделения порошковой металлургии, отделения электропечей, горизонтальных и вертикальных конверторов.

К **категории Д** относят цеха холодной обработки металлов (кроме магния и титана), копровые цеха, отделения гидравлической очистки отливок и т.п.

Согласно «Правилам устройства электроустановок» пространство всего помещения или части помещения, в котором могут образовываться взрывоопасные смеси или находятся в обращении горючие материалы, называется соответственно взрывоопасной или пожароопасной зоной. В помещении с производствами категорий А, Б электрооборудование должно удовлетворять требованиям, которые предъявляются к электроустановкам во взрывоопасных зонах. Взрывоопасные зоны разделяют на шесть классов: В-I, В-I а, В-I б, В-I г, В-II, В-II а, а пожароопасные – на четыре класса; П-I, П-II, П-II а, П-III.

Правильное распределение зон на классы является очень важным, так как от этого зависит выбор общепромышленного или взрывозащищенного электрооборудования. Для определения взрывоопасных и пожароопасных зон и выбора вида электрооборудования необходимо использовать данные, которые приведены в СНиП 2.01.02-85.

Огнестойкость зданий, сооружений и конструкций. Степень огнестойкости зданий и сооружений определяется пределами огнестойкости основных строительных конструкций и пределами распространения огня за эти конструкции.

I степень огнестойкости – все основные конструкции изготовленные из несгораемых материалов с пределом огнестойкости несущих стен, стен лестничных клеток, колон, противопожарных стен не менее 2,5 часов. Т.е. в зданиях I степени огнестойкости не может быть несущих конструкций (ферм, колон, стен, перегородок и др.), выполненных из открытого незащищенного металла.

II степень огнестойкости – все основные несущие конструкции (кроме внутренних перегородок) также выполняются несгораемыми, однако в таких зданиях допускается использование стальных не защищенных от огня несущих ферм, а также внутренних перегородок, выполненных из трудносгораемых материалов.

III степень огнестойкости – несущие стены, стены лестничных клеток, колонны – негорючие, другие конструкции могут быть трудносгораемыми, а несущие конструкции укрытия – сгораемыми.

IV степень огнестойкости – все конструкции могут быть трудносгораемыми, а конструкции крыши – сгораемыми.

Чаще всего проектируемые и сооружаемые здания современных машиностроительных цехов относятся к II степени огнестойкости.

В предотвращении распространения огня по производственному помещению важную роль играют противопожарные преграды. К ним относятся противопожарные стены с пределом огнестойкости не менее 2,5 часов, противопожарные перекрытия и перегородки с пределом огнестойкости 0,75...1 час, противопожарные двери, окна, люки, ворота и тамбур-шлюзы с пределом огнестойкости 0,6...1,2 часа. Противопожарными стенами в производственных зданиях отделяют вентиляционные камеры, аккумуляторные, складские и другие пожароопасные помещения.

V степень огнестойкости – все конструкции могут быть сгораемыми.

Противопожарные мероприятия в технологии производств. Пожарная безопасность технологических процессов производств обеспечивается конструктивными решениями используемых машин и агрегатов, отбором пожаробезопасных схем процессов, использованием контрольно-измерительных приборов и автоматов, обеспечивающих безопасный режим работы оборудования, использованием устройств, которые устраняют механические искрения и снимают напряжение статического электричества, своевременными ревизиями и предупредительными ремонтами оборудования.

Предупреждение пожара достигается принятием мер, направленных на предотвращение образования в горючей среде (или внесения в нее) источников зажигания; поддержание температуры горючей среды ниже максимально допустимой; поддержание давления в горючей среде ниже максимально допустимого и др.

Пожарная защита обеспечивается в результате использования негорючих и трудносгораемых веществ и материалов вместо пожароопасных; ограничения количества горючих веществ в производственных помещениях; изоляции горючей среды; предотвращения распространения пожара за пределы очага возгорания; использования средств пожаротушения; применения конструкций с регламентированными пределами огнестойкости и горючести; использования

систем противодымной защиты, средств пожарной сигнализации и средств сообщения о пожаре; организации пожарной охраны объекта.

Ограничение количества горючих веществ и выполнение требований к их размещению достигается регламентацией состава и количества (массы, объема) горючих веществ и материалов, которые находятся одновременно в производственном помещении; аварийного слива пожароопасных жидкостей и аварийного стравливания горючих газов из аппаратуры; противопожарных разрывов и защитных зон; периодичности очистки помещений, коммуникаций аппаратуры от горючих отходов, отложений взрывоопасной, горючей пыли и т.п.; количества рабочих мест, на которых используются пожароопасные вещества; выноса пожароопасного оборудования на открытые площадки.

Изоляция горючей среды обеспечивается одним или несколькими из перечисленных методов: максимальной механизацией и автоматизацией технологических процессов, которые связаны с использованием пожароопасных веществ; установкой пожароопасного оборудования в изолированных помещениях или на открытых площадках; использованием для пожароопасных веществ герметизированного оборудования; использованием изолированных отсеков, камер, кабин и т.п. Предотвращение распространения пожара обеспечивается в результате устройства противопожарных преград (стен, зон, поясов, защитных полос, завес и т.п.); определение предельно допустимой площади противопожарных отсеков и секций; устройство аварийного выключения и переключения аппаратов и коммуникаций; использование средств, предупреждающих или ограничивающих разлив и растекания жидкости при пожаре; использование противопожарных преград (перегородок, затворов, заслонок и др.) и прорывных предохранительных мембран на аппаратуре и коммуникациях.

Средства пожаротушения. В дипломном проекте необходимо определить состав и количество средств пожаротушения, которые необходимо предусмотреть для локализации и прекращения пожара. Предлагаемые средства пожаротушения должны максимально ограничивать размеры пожара и обеспечить его гашение. При этом необходимо определить; виды средств пожаротушения, допустимые и недопустимые для использования при пожаре; вид, количество, размещение и хранение первичных средств пожаротушения; порядок хранения веществ, тушение которых недопустимо теми же средствами; источники и средства подачи воды для пожаротушения.

Все производственные здания, а также отдельные помещения и технологические установки должны быть обеспечены огнетушителями, пожарным инвентарем и инструментом. На предприятиях рекомендуется использовать пенные, жидкостные, углекислотные, углекислотно-бромэтиловые, аэрозольные и порошковые огнетушители.

Необходимое количество средств пожаротушения для помещений, сооружений, участков производственных предприятий определяется согласно типу помещения [5]. Кроме того, на территориях производственных предприятий должно быть установлено специальные пожарные щиты с набором огнетушителей

(пенных – 2, углекислотных – 1), ящиков с песком – 1, листов войлока, асбеста или кошмы – 1, набор пожарного инструмента. Обеспечение пожарными щитами определяется из расчета один щит на площадь до 5000 м². Противопожарные средства, огнетушители должны размещаться на хорошо просматриваемых и легкодоступных местах. Помещения, оборудованные автоматическими установками пожаротушения, обеспечиваются первичными средствами пожаротушения из расчета половины необходимого количества.

Эвакуация людей из производственного помещения. Эвакуационные пути должны обеспечивать эвакуацию через эвакуационные выходы всех людей, которые находились в помещениях зданий и сооружений, в срок предусмотренного времени эвакуации. Количество эвакуационных выходов из здания, помещения и из каждого поверху здания нужно принимать за расчетом, но не меньше двух. Эвакуационные выходы должны располагаться рассредоточено. Двери на путях эвакуации должны приоткрываться за направлением выхода из здания.

Некоторые рекомендации относительно средств пожаротушения приведенные в таблице 1.19 [6].

Таблица 1.19 – Средства пожаротушения по отделениям литейных цехов

Отделение, участок	Материалы, представляющие пожарную опасность, в зоне горения	Средства пожаротушения
Модельное, шихтовое	Дерево, уголь, кокс, каучук, целлулоид и прочее	Вода в виде компактной струи, пена, водной пар
Формовочное, стержневое	Горючие жидкости с температурой вспышки больше 45° (масла, нефть, олифы и прочее)	Распыленная вода
	Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости (ацетон, бензин, бензол, керосин, лаки), материалы (битумы)	Химическая пена Воздушно-механическая пена
	Легковоспламеняющиеся жидкости и трудногораемые материалы	Четыреххлористый углерод
Стержневое	Небольшие очаги пожаров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей	Войлочные кошмы и покрывала
Сушки форм и стержней	Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости (ацетон, бензин, бензол, керосин, лаки), трудногораемые материалы (битумы), угольная пыль	Углекислый газ
Плавильное	Трудногораемые материалы, в том числе металлы	Порошковые сухие огнетушители, сухой песок, флюсы
Точного литья	Очаги пожара в закрытых помещениях	Водяной пар
Все отделения	Электрооборудование	Четыреххлористый углерод

В дипломном проекте необходимо разработать конкретные мероприятия по пожарной безопасности, а именно:

- определить категорию данного производства по взрывной и пожарной опасности;
- обосновать выбор здания по огнестойкости и необходимость противопожарных преград внутри помещения;
- привести характеристику горючих веществ, проанализировать возможные причины пожаров и обосновать мероприятия по их предупреждению;
- обосновать выбор противопожарного оборудования, средств и условий сигнализации и привести их краткую характеристику;
- предложить пути эвакуации людей из производственного помещения.

Пример анализа опасных и вредных производственных факторов при эксплуатации электродуговой печи

При эксплуатации электродуговой печи вместительностью 5 т к постоянно действующим опасным факторам можно отнести следующие: электрический ток высокого напряжения; выплески жидкого металла или шлака; вращение печи, которое может привести к получению травмы в период загрузки шихты, замены электродов, перемешивания жидкого металла в печи, а также при передвижении сталевара вдоль печи. Опасными факторами периодического действия являются: взрывы при падении колец свода, охлаждаемых водой, в ванну печи; прорыв жидкого металла при перегреве кладки, переворачивание печи при попадании жидкого металла на гидравлические устройства.

К вредным производственным факторам при эксплуатации электродуговой печи относят: повышенную запыленность и загазованность воздуха; повышенный уровень шума; повышенную температуру воздуха рабочей зоны, излучение электрической дуги, физическая и нервно-психическая перегрузки.

Например, газ, который выделяется из электродуговой печи, содержит следующие химические вещества: до 68 % CO, до 30 % CO₂, до 21 % O₂, до 30 % N₂ [7]. Кроме того, в газе присутствует до 10 мг/м³ оксидов серы. Также выделяющиеся из печи газы содержат пыль в количестве 50...60 г/м³, которая состоит из оксидов железа, кремния, алюминия, марганца, кальция и др.

По уровню звуковой мощности, который достигает 110 дБА, электродуговая печь вместительностью 5 т значительно превышает предельно допустимый уровень (80 дБА) [8]. В период расплавления металла уровень шума увеличивается до 118 дБА.

Рабочая зона обслуживания печи характеризуется повышенной температурой воздуха (до 30°C) в результате высоких тепловых излучений (до 1000 кДж/м³·ч), которые значительно превышают допустимые значения, составляющие 84 кДж/м³·ч [9].

2 БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

2.1 Факторы, влияющие на устойчивость работы промышленного объекта в условиях ЧС

Актуальность проблемы обеспечения природно-техногенной безопасности населения и территорий обусловлена тенденциями увеличения человеческих потерь и повреждения территорий в результате чрезвычайных ситуаций (ЧС). Риск ЧС природного и техногенного характера неуклонно возрастает.

Чрезвычайная ситуация – нарушение нормальных условий жизни и деятельности людей на объекте, территории, вызванное аварией, катастрофой, стихийным бедствием, эпидемией, эпизоотией, эпифитотией, большим пожаром, применением оружия массового поражения, которые привели или могут привести к человеческим или материальным потерям.

Обеспечение устойчивости работы объекта народного хозяйства в условиях ЧС – одна из основных задач ГО.

Под устойчивостью функционирования объекта понимают способность его в условиях ЧС выпускать продукцию в запланированном объеме и номенклатуре, выполнять все свои функции, а в случае аварии, катастрофы, повреждения – восстанавливать производство в минимально короткие сроки.

На устойчивость функционирования объектов народного хозяйства в условиях ЧС влияют следующие факторы:

- надежность защиты рабочих и служащих от последствий ЧС – аварий, катастроф, от первичных и вторичных факторов ОМП;
- способность инженерно-технического комплекса объекта противостоять этим воздействиям;
- надежность системы снабжения объекта всем необходимым для производства продукции (сырьем, топливом, энергией, газом, водой и т. д.);
- устойчивость и непрерывность управления производством и ГО;
- подготовленность объекта к ведению СидНР и восстановительным работам.

2.2 Анализ устойчивости работы производственного цеха к действию воздушной ударной волны

В дипломном проекте проведен анализ устойчивости работы производственного цеха на случай взрыва 100 т жидкого пропана на расстоянии 405 м, а также предложены меры по повышению устойчивости цеха.

Производственный цех расположен в массивном промышленном здании с металлическим каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью 25...50 т. В цехе расположено следующее оборудование: подъемно-транспортное оборудование, электродвигатели герметичные мощностью до 2 кВт, станки средние. Коммунально-энергетические сети представлены кабельными наземными электролиниями, трубопроводами, углубленными на 20 см, в цехе имеется подвижной железнодорожный состав.

Решение

1 Рассчитаем величину избыточного давления ударной волны в месте расположения объекта, для этого изначально определим, в какой зоне воздействия ударной волны находится объект:

а) определим радиус действия детонационной волны

$$r_1 = 17,5 \sqrt[3]{Q}, \quad (2.1)$$

где r_1 – радиус действия детонационной волны, м;

Q – количество взрывоопасного вещества, т.

$$r_1 = 17,5 \sqrt[3]{100} = 81,2 \text{ м},$$

б) определим радиус действия продуктов взрыва

$$r_2 = 1,7 \cdot r_1, \quad (2.2)$$

где r_2 – радиус действия продуктов взрыва, м;

$$r_2 = 1,7 \cdot 81,2 = 138 \text{ м}.$$

Сравнение величин r_2 и r_1 с расстоянием от центра взрыва до объекта позволяет сделать вывод, что объект находится в третьей зоне – зоне действия воздушной ударной волны.

2 Вычислим величину избыточного давления, для чего сначала рассчитаем относительную величину ϕ

$$\phi = 0,24 \cdot r_3 / r_1, \quad (2.3)$$

где r_3 – расстояние до объекта, который находится в третьей зоне от центра взрыва, м.

$$\phi = 0,24 \cdot 405 / 81,2 = 1,2.$$

Затем, чтобы вычислить избыточное давление ударной волны, воспользуемся одной из нижеприведенных формул, кПа

если $\phi \leq 2$, то

$$\Delta P_\phi = \frac{700}{3(\sqrt{1 + 29,8\phi^3} - 1)}, \quad (2.4)$$

если $\phi > 2$, то

$$\Delta P_\phi = \frac{22}{\phi \sqrt{0,158 + \lg \phi}}, \quad (2.5)$$

где ΔP_ϕ - избыточное давление ударной волны, кПа.

В нашем случае $\varphi = 1,54$, т.е. меньше 2, следовательно

$$\Delta P_{\varphi} = \frac{700}{3\left(\sqrt{1 + 29,8 \cdot 1,2^3} - 1\right)} = 37,4 \text{ кПа} .$$

3 Составим сводную таблицу 2.1, для этого внесем в нее характеристики элементов объекта. Затем занесем в сводную таблицу с помощью условных обозначений степени разрушения элементов объекта при разных значениях избыточного давлений ударной волны (табл. Т.1 прилож. Т).

Определим предел устойчивости каждого элемента объекта как границу между слабыми и средними разрушениями, занесем полученные цифры в предпоследний столбец графы «Предел устойчивости элемента, кПа».

Среди полученных цифр найдем наименьшую, она и будет пределом устойчивости объекта в целом. Занесем эту цифру в последний столбец графы «Предел устойчивости объекта, кПа». В нашем случае это 25 кПа.

Критерием (показателем) устойчивости объекта к действию ударной волны является значение избыточного давления, при котором здания, сооружения, оборудование объекта сохраняются или получают слабые разрушения.

Это $\Delta P_{\varphi \text{ предельное}}$ – предел устойчивости объекта.

В нашем случае

$$\Delta P_{\varphi \text{ предельное}} = 25 \text{ кПа}.$$

Таким образом, анализ таблицы показал, что предел устойчивости промышленного объекта к действию ударной волны составляет 25 кПа.

Поскольку на объекте ожидается максимальное избыточное давление 37,4 кПа, а предел устойчивости объекта равен 25 кПа, то объект является неустойчивым к действию ударной волны. Неустойчивыми элементами являются здание цеха и станки средние, кабельные наземные электролинии.

Необходимо повысить устойчивость объекта до 38 кПа.

Для повышения устойчивости объекта предлагаются следующие меры (прилож. У):

– для здания – укрепление несущих элементов конструкции здания дополнительными колоннами и фермами, установка дополнительных перекрытий, подкосов и распорок;

– для станков – надежное крепление станков к фундаменту, устройство контрфорсов, которые повышают устойчивость станков к опрокидыванию, оснащение аварийных складов запчастей и оборудования;

– для кабельных наземных электролиний – углубление в землю.

Таблица 2.1 – Сводная таблица результатов оценки устойчивости объекта к действию ударной волны

Характеристики элементов объекта	Степень разрушения при ΔP_{ϕ} , кПа									Предел устойчивости, кПа	
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	элемента	объекта
Здание: Массивное промышленное здание с металлическим каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью 25...50 т										30	25
Оборудование: средние станки										25	
электродвигатели герметичные мощностью до 2кВт										50	
подъемно-транспортное оборудование										50	
Коммунально-энергетические сети: кабельные наземные электролинии										30	200
трубопроводы, углубленные на 20 см	Выдерживают до 200 кПа									200	
трубопроводы подвижной железнодорожный состав										40	

Примечание. Условные обозначения:



слабое разрушение;



сильное разрушение;



среднее разрушение;



полное разрушение.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

- 1 Инженерная экология литейного производства : учеб. пособие / А. Н. Болдин [и др.] ; под общ. ред. А. Н. Болдин. – М. : Машиностроение, 2010. – 352 с. : ил. – ISBN 978-5-94275-523-2.
- 2 Безопасность производственных процессов : справочник / С. В. Белов, [и др.] ; под общ. ред. С. В. Белова. – М. : Машиностроение, 1985. – 448 с. : ил.
- 3 **Сперанский, Б. С.** Охрана окружающей среды в литейном производстве / Б. С. Сперанский, Б. Ф. Туманский. – Киев ; Донецк : Вища шк. Головное издательство, 1985. – 80 с.
- 4 Безопасность жизнедеятельности : учебник для вузов / С. В. Белов [и др.] ; под общ. ред. С. В. Белова. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Высш. шк., 1999. – 448 с. : ил. – ISBN 5-06-003605-7.
- 5 Практикум з охорони праці : навчальний посібник / В. Ц. Жидецький [та ін.]; за ред. В. Ц. Жидецького. – Львів : Афіша, 2000. – 352 с. – SBN 966-7760-09-X.
- 6 Методические указания к выполнению раздела «Пожарная безопасность в дипломных проектах (для студентов всех специальностей) / сост. Г. И. Чижиков. – Краматорск : КИИ, 1988. – 35 с.
- 7 **Юдамехин, М. Я.** Пылеулавливание и очистка газов в черной металлургии / М. Я. Юдамехин. – М. : Металлургия, 1984. – 320 с.
- 8 **Бринза, В. Н.** Охрана труда в черной металлургии / В. Н. Бринза, М. М. Зинковский. – М. : Металлургия, 1982. – 336 с.
- 9 **Бабалов, А. Ф.** Промышленная защита в металлургии / А. Ф. Бабалов. – М. : Металлургия, 1972. – 360 с.
- 10 Методические указания к выполнению раздела «Охрана окружающей среды» дипломного проекта (для студентов всех специальностей) / сост. Г. И. Чижиков. – Краматорск : КИИ, 1991. – 24 с.
- 11 Методические указания к курсовому и дипломному проектированию по дисциплине «Гражданская оборона» для студентов заочной формы обучения / сост. Л. В. Дементий, А. Е. Поляков, А. А. Кузнецов – Краматорск : ДГМА, 2004. – 32 с.

Дополнительная литература

- 12 **Глиняна, Н. М.** Охорона праці у ливарному виробництві : курс лекцій для студентів вищих навчальних закладів напряму 0904 «Металургія» / Н. М. Глиняна. – Краматорськ : ДДМА, 2009. – 184 с. – ISBN 978-966-379-341-2.
- 13 Безопасность жизнедеятельности в машиностроении / под ред. Ю. М. Соломийцева. – М. : Высш. шк., 2002. – 310 с. – ISBN 5-06-004078-8.
- 14 **Ефанов, П. Д.** Техника безопасности и производственная санитария в черной металлургии : справочник / П. Д. Ефанов, Н. Н. Карнаух. – М. : Металлургия, 1980. – 406 с. : ил.

Приложение А

Таблица А.1 – ПДК некоторых загрязняющих веществ в атмосферном воздухе для населенных мест [2]

Вещество	ПДК, мг/м ³			Класс опасности	Агрегатное состояние
	в воздухе рабочей зоны	в воздухе населенных мест			
		максимальная разовая	среднесуточная		
1	2	3	4	5	6
Азота окислы (в пересчете на NO ₂)	2	0,04	0,085	2	п
Акролеин	0,2	0,03	0,03	2	п
Алюминия окись в виде аэрозолей дезинтеграции (глинозем, электрокорунд, монокорунд)	6	–	–	4	а
Алюминия окись, в том числе с примесью двуокиси кремния в виде аэрозоля конденсации	2	–	–	4	а
Алюминия окись (электрокорунд) в смеси со сплавом никеля до 15%	4	–	–	4	а
Аммиак	20	0,04	0,2	4	п
Ангидрид сернистый (SO ₂)	10	0,05	0,5	3	п
Ацетон	200	0,35	0,35	4	п
Бензол ⁺	5	0,1	1,5	2	п
3,4 – Бензпирен	0,00015	0,1 мкг/100 м ³	–	1	а
Керосин (в пересчете на С)	300	–	–	4	п
Кремния двуокись кристаллическая (SiO ₂)	1	0,05	0,15	3	а

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6
Кремния карбид (карборунд)	6	–	–	4	а
Марганец (в пересчете на MnO)	0,3	0,001	0,01	2	а
Никеля окись (в пересчете на Ni)	0,5	0,001	–	2	а
Сажа	4	0,05	0,15	3	а
Сероводород ⁺	10	0,008	0,008	2	п
Серовуглерод	1	0,005	0,03	2	п
Спирт амиловый	10	0,01	0,01	3	п
Спирт метиловый	5	0,5	1,0	3	п
Спирт пропиловый	10	0,3	0,3	3	п
Спирт этиловый	1000	5,0	5,0	4	п
Титан и его двуокись	10	–	–	4	а
Толуол	50	0,6	0,6	3	п
Углерода окись (CO)	20	3,0	5,0	4	п
Углерода пыль (кокс)	6	–	–	4	а
Формальдегид	0,5	0,003	0,035	2	п
Хлор	1	0,03	0,1	2	п
Хрома окись	1	–	–	2	а
Цинка окись	0,5	0,05	–	2	а
Чугун	6	–	–	4	а

Примечание: + – вещество опасно при поступлении через кожу. Агрегатное состояние: п – пары или газы, а – аэрозоли.

Приложение Б

Таблица Б.1 – Выделение пыли при изготовлении и использовании стержней и форм [1]

Технологический процесс, оборудование	Выделение пыли	
	на единицу перерабатываемого материала, г/кг	на единицу работающего оборудования, кг/ч
1	2	3
Транспортировка формовочных и стержневых материалов		
Загрузка и выгрузка исходных материалов в желоба при перегрузках и транспортировании:		
кусовых материалов	0,9...1,4	2,7...4,3
порошкообразных материалов	2,0...4,2	6,1...9,3
горелой земли	6,0...10,0	1,9...3,1
Пересыпка на конвейеры:		
кусовых материалов	0,6...0,8	1,8...2,1
порошкообразных материалов	1,3...1,5	4,0...4,6
горелой земли	0,4...0,6	1,2...1,5
Местные отсосы укрытий конвейеров, питателей и дозаторов:		
кусовых материалов	0,3...0,5	1,0...1,5
порошкообразных материалов	0,4...1,1	2,6...3,2
горелой земли	0,2...0,3	4,0...8,0
Сушка формовочных и стержневых материалов		
Горизонтальное барабанное сушило:		
для песка	0,3...0,7	3,0...7,0
для глины	2,0...3,0	6,0...10,0
Установка для сушки песка:		
в потоке горячих газов	1,8...2,4	7,0...9,0
в кипящем слое	1,2...1,4	12,0...14,0
вертикальная	0,5...1,0	1,1...2,1
Размол формовочных и стержневых материалов (угля, глины, кварца):		
шаровые мельницы производительностью до 1 т/ч	4,0...10,0	2,0...4,0
молотковые мельницы производительностью до 2 т/ч	6,0...8,0	12,0...15,0
молотковые дробилки производительностью до 5 т/ч	4,0...5,0	20,0...25,0

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3
Приготовление смесей		
Сита: вибрационные плоские механические барабанные (полигональные и цилиндрические)	3,0...5,0 6,0...7,0 2,0...3,0	12,0...15,0 21,0...24,0 13,0...17,0
Смесители: периодического действия с вертикальными катками (бегуны) производительностью 50 т/ч периодического действия с горизонтальными катками (центробежные) производительностью до 50 т/ч тарельчатые (бегуны) производительностью до 20 т/ч грохоты бункера формовочных смесей	0,4...1,0 0,6...1,2 0,2...0,6 — —	20,0...25,0 15,0...25,0 4,0...8,0 30,0...36,0 6,0...8,0
Выбивка форм и стержней		
Подвесные вибраторы при высоте опоки над решеткой до 1 м	8,0...1,0	12,0...16,0
Выбивающие эксцентриковые решетки грузоподъемностью до 2,5 т	3,5...6,0	8,6...11,0
Выбивные инерционные решетки грузоподъемностью до 10 т	6,2...10,0	22,0...25,0
Выбивные инерционно-ударные решетки грузоподъемностью до 30 т	14,0...22,0	до 100,0

Таблица Б.2 – Основные вредные вещества, выделяющиеся при изготовлении отливок [1]

Связующие		Основные вредные вещества	
Тип, класс	Основные марки	при изготовлении стержней и форм	при заливке, охлаждении и выбивке форм
Безмасляные «крепители»	КО, УСК-1, П, СКТ-11, ЛСТ	Акролеин, метанол, формальдегид, фурфурол, фенол, фуриловый спирт	Оксид углерода, оксиды серы, предельные углеводороды
Фенолоформальдегидные	Фенолоспирт, СФ-015, СФ-011, СФ-262, СФ-480, СФ-1, СФ-3042	Аммиак, ацетон, метанол, формальдегид, фенол	Оксид углерода, аммиак, ацетон, метанол, бензол, углеводороды, цианиды, сернистый ангидрид
Фенолофурановые	ФФ-65, ФФ-65С	Метанол, формальдегид, фенол, фурфурол, фурфуриловый спирт	Оксид углерода, метанол, формальдегид, фенол, бензол, предельные углеводороды, фурфурол, фурфуриловый спирт, сернистый ангидрид
Карбамидоформальдегидные	КФ-МТ, М-19-62, УКС, М-3, КФ-Ж	Метанол, формальдегид, аммиак	Оксид углерода, метанол, формальдегид, предельные углеводороды, аммиак, цианиды, окислы азота, фосфорный ангидрид
Карбамидофурановые	КФ-90, БС-40, УКС с фуриловым спиртом, КФ-МТ с фуриловым спиртом	Метанол, формальдегид, фурфурол, фурфуриловый спирт	Оксид углерода, метанол, формальдегид, предельные углеводороды, аммиак, цианиды, окислы азота, фурфурол, фурфуриловый спирт, фосфорный ангидрид
Фенолокарбамидоформальдегидные	ТОЛ, ФМЛ, СФ-411, ФПР-24, КФФ-Л	Метанол, формальдегид, фенол, аммиак	Оксид углерода, метанол, формальдегид, предельные углеводороды, аммиак, цианиды, окислы азота

Таблица Б.3 – Краткая токсикологическая характеристика вредных веществ [1]

Вещество	ПДК, мг/м ³	Класс опасности	Характер токсического действия
1	2	3	4
Оксиды азота (в пересчете на NO ₂)	5	3	Оказывает выраженное раздражающее и прижигающее действие на дыхательные пути, поражают альвеолярную ткань, что приводит к отеку легких; оказывают действие на артерии, вызывают расширение сосудов и снижение кровяного давления
Акролеин	0,2	2	Оказывает сильное раздражающее действие на слизистые оболочки; некоторое общее токсическое и слабое наркотическое действие
Аммиак	20	4	Оказывает раздражающее действие; в высоких концентрациях возбуждает нервную систему и вызывает судороги
Ацетон	200	4	Оказывает наркотическое действие; при выдыхании в течение длительного времени накапливается в организме, медленное выведение из организма увеличивает опасность хронического отравления
Бензол	5	2	Оказывает наркотическое (отчасти судорожное) действие на центральную нервную систему, хроническое отравление может привести к смерти
Метанол	5	3	Сильный яд с резко выраженным кумулятивным действием; оказывает сильное раздражающее действие на слизистые оболочки дыхательных путей и глаз
Сернистый ангидрид	10	3	Оказывает сильное раздражающее действие на дыхательные пути, нарушает обменные и ферментные процессы

Продолжение таблицы Б.3

1	2	3	4
Предельные углеводороды (в пересчете на углерод)	300	4	При высоких концентрациях в воздухе оказывает наркотическое действие
Оксид углерода	20	4	Вытесняет кислород из оксигемоглобина крови, что препятствует переносу кислорода из легких к тканям; понижает содержание кислорода в крови, вызывает удушье. Оказывает токсическое действие на клетки, нарушая тканевое дыхание и уменьшая потребление тканями кислорода
Фенол	0,3	2	Сильный яд, оказывает общетоксическое действие, может всасываться через кожу
Формальдегид	0,5	2	Оказывает раздражающее действие на кожу и слизистые оболочки, обладает большой ядовитостью
Фосфорный ангидрид	1,0	2	Оказывает раздражающее действие на слизистые оболочки
Фурфуроловый спирт	0,5	2	Оказывает угнетающее действие на центральную нервную систему, дыхание, снижает температуру тела, вызывает головокружение, тошноту
Фурфурол	10	3	Яд, вызывающий паралич, оказывает слабое раздражающее действие на слизистые оболочки

Приложение В

Таблица В.1 – Общая характеристика выбросов от вагранок [1]

Производительность вагранки, т/год	Показатели						
	Диаметр шахты вагранки, мм	Объем отходящих газов, тыс. м ³ /год	Температура газов (после искрогасителя), °С	Среднее количество вредных веществ, кг/год			
				Пыль	СО	SO ₂	NO _x
2	600	2,3	160	23	130	3	0,10
3	700	3,2	160	30	190	5	0,15
4	800	4,1	170	40	300	6	0,25
5	900	5,4	180	55	370	8	0,30
7	1100	7,8	200	80	500	11	0,45
10	1300	11,0	250	100	700	13	0,80
15	1500	14,5	250	140	920	17	1,20
20	1800	20,5	300	200	1100	30	1,80
25	2100	27,0	300	200	1500	32	2,20

Таблица В.2 – Дисперсный состав ваграночной пыли, % [1]

Дутье	Диаметр частиц, мкм					
	5	5...10	10...20	20...40	40...60	60
Холодное	5...14	2...12	5...6	6...12	12...26	70...30
Горячее	15...17	13...20	4...16	5...13	10...16	53...18

Таблица В.3 – Химический состав ваграночной пыли, % [1]

Компоненты пыли	Среднее значение	Предельные значения	Компоненты пыли	Среднее значение	Предельные значения
SiO ₂	30	10...45	С	30	10...64
CaO	4	2...18	PbO	–	до 8
Al ₂ O ₃	3	0,5...25	P ₂ O ₅	0,4	–
MgO	2	0,5...5	Na ₂ O	1,5	–
Fe(Fe ₂ O ₃ , FeO)	14	5...26	K ₂ O	1,0	–
MnO	2	0,5...9			

Приложение Г

Таблица Г.1 – Удельные выделения загрязняющих веществ при плавке чугуна в открытых чугунолитейных вагранках и электродуговых печах [3]

Тип плавильного аппарата	Удельное содержание загрязняющего вещества, кг/т				
	Пыль	Оксид углерода	Углеродороды	Оксиды азота	Диоксид серы
Открытая вагранка	19	200	2,4	0,014	1,5
Электродуговая печь, производительностью 7 т/ч	8,1	1,5	–	0,29	–

Таблица Г.2 – Количество выбрасываемых газов и пыли из дуговых печей различной вместимости [3]

Вместимость печи, т	Количество газов, выбрасываемых из печи, м ³ /ч		Средняя запыленность газов, г/м ³	Удельный выброс пыли, кг/т
	без подсоса воздуха	с подсосом воздуха		
5	700	2000	27	9,4
10	1100	4000	22	8,8
20	2200	8000	18	8,1
40	3900	16000	15	7,0
100	7800	40000	14	6,6

Таблица Г.3 – Химический состав (% масс.) пыли, выделяющейся при плавке в ЭДП [1]

Вещество	ЭДП вместимостью, т		
	3	6	6
	с футеровкой		
	кислой	кислой	основной
SiO ₂	25,340	27,100	0,100
ZnO	12,700	13,000	7,400
Fe ₂ O ₃	54,700	56,500	44,000
CaO	0,710	0,500	14,900
Pb	0,563	0,334	1,432
Cd	0,004	0,004	0,014
Cr	0,085	0,091	0,144
Mn	9,120	4,63	4,340

Таблица Г. 4 – Удельные выделения загрязняющих веществ, кг/т, при выплавке стали и чугуна в индукционных печах [1]

Вредные выбросы	Выплавка стали	Выплавка чугуна
Пыль	0,64...2,12	0,75...1,5
Оксид углерода	0,1...0,16	0,1...0,13
Окислы азота	0,06...0,09	0,06...0,08
Прочие	0,15...0,26	0,12...0,21

Приложение Д

Таблица Д.2 – Удельные выделения загрязняющих веществ, кг/т, при плавке цветных металлов и сплавов [3]

Тип плавильного аппарата	Удельное содержание загрязняющего вещества, кг/т				
	Пыль	Оксиды азота	Диоксид серы	Оксид углерода	Прочие вещества
Индукционные печи	1,2	0,7	0,4	0,9	0,2
Электродуговые печи	1,8	1,2	0,8	1,1	0,3
Печи сопротивления	1,5	0,5	0,7	0,5	0,3
Газомазутные плавильные печи (плавка алюминия)	2,8	0,6	0,6	1,4	0,18

Приложение Е

Таблица Е.1 – Количество окиси углерода, которая выделяется при заливке металла в формы [4]

Масса отливки, т	СО, кг/т
0,1	1,05
0,2...0,3	0,90
0,5...1	0,75
1...2	0,70
5	0,55
10	0,5
20	0,4

Таблица Е.2 – Удельное газовыделение, мг/(кг·ч), при заливке и охлаждении форм и стержней из ХТС [1]

Связующие	Оксид углерода	Метанол	Фенол	Бензол	Формальдегид	Фурфурол	Аммиак	Цианиды	Приведенное (в пересчете на СО)
Карбамидоформальдегидные:									
М-3	45,6	72,3	–	–	46,3	–	383,0	107,9	9800
ВК-1	61,6	41,7	–	–	39,4	–	205,8	75,5	7000
Карбамидофурановые:									
КФ-90	587,1	12,1	–	–	–	0,2	190,1	56,2	4600
БС-40	146,1	20,9	–	–	0,1	0,1	815,3	84,5	6700
Фенолформальдегидные:									
РСФ-3010	551,2	5,5	389,7	418,3	–	–	–	–	28200
СФ-3042	498,6	15,8	222,5	419,4	–	–	–	–	17100
Фенолформальдегидофурановые «Фуритол-68»	1754,9	22,1	38,4	278,1	1,5	1,1	–	–	5700
Фурановые ПФС	173,9	5,4	–	538,6	–	0,9	–	–	2400
Карбамидофенолоформальдегидные КФФ-Л	461,8	192,4	66,0	15,8	–	–	629,2	698,0	

Примечания:

1 В качестве катализатора для всех карбамидоформальдегидных смол и КФФ-Л использовалась ортофосфорная кислота; для всех фенолформальдегидных – бензолсульфоуксусная кислота.

2 Содержание связующего в смеси 3 мас. ч. на 100 мас. ч. песка, во всех остальных смесях – не более 2 мас. ч.

Приложение Ж

Таблица Ж.1 – Интенсивность выделения вредных веществ при изготовлении стержней [4]

Связующие вещества	Интенсивность выделения вредных веществ	
	При заполнении ящиков смесью, мг/(кг·ч)	При отверждении смеси, мг/(дм ² ·ч)
Фенолформальдегидные (ОФ-1)	9,2	1,46
Карбамидоформальдегидные (УКС)	215	37,8
Карбамидофурановые (БС-40)	41	5,7
На основе синтетических смол УГТС	61	10,3

Таблица Ж.2 – Удельное газовыделение при изготовлении форм и стержней из ХТС [1]

Связующие	Удельное газовыделение									
	при заполнении ящиков смесью, мг/(кг·ч)					при отверждении смеси, мг/(дм ² ·ч)				
	Формальдегид	Метанол	Фенол	Фурфурол	Приведенное	Формальдегид	Метанол	Фенол	Фурфурол	Приведенное
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Карбамидоформальдегидные:										
М-3	0,66	124,2	–	–	13,1	0,09	20,07	–	–	2,2
ВК-1	1,20	104,7	–	–	10,6	0,15	16,1	–	–	1,8
Карбамидофурановые:										
КФ-90	2,90	280,8	–	0,72	31,0	0,30	43,6	–	0,09	4,7
БС-40	3,00	186,0	–	0,45	21,7	0,30	21,8	–	0,04	2,5
КФ-Ж (с фуриловым спиртом)	0,20	108,0	–	0,50	11,1	0,03	16,6	–	0,03	1,7

Продолжение таблицы Ж.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Фенолформальдегидные:										
РСФ-3010	4,90	11,7	1,30	–	9,2	0,08	2,0	0,20	–	1,5
СФ-3042	2,00	41,4	2,10	–	11,1	0,30	6,2	0,30	–	1,5
Фенолфурановые типа ФФ-65	1,10	25,2	0,50	–	4,5	0,10	2,9	0,01	–	0,6
Полифурановые ПФС	0,80	0,8	–	4,00	11,0	0,09	0,1	–	0,50	1,3
Карбамидофено- лоформальдегид- ные КФФ-Л	12,0	148,8	0,96	–	28,5	2,23	25,2	0,11	–	5,0

Примечания:

1 В качестве катализатора для всех карбамидоформальдегидных смол и КФФ-Л использовалась ортофосфорная кислота; для всех фенолформальдегидных – бензолсульфо кислота.

2 Содержание связующего в смеси 3 мас. ч. на 100 мас. ч. песка, во всех остальных смесях – не более 2 мас. ч.

Таблица Ж.3 – Газовыделение и условная токсичность при тепловом отверждении смесей (240°C) [1]

Связующее		Газовыделение, мг/кг					Условная токсичность при отверждении смеси
Марка	Содержание в смеси, %	Формальдегид	Фурфурол	Акролеин	Метанол	Фурфуриловый спирт	
КО	2,0	7,8*/1,2	0,7/0,10	27,0/0,5	7/0,7	–	152,1
КО + ЛСТ	2,0 + 3,0	20,9/2,9	6,1/0,50	27,7/2,0	123/19,0	–	205,5
УСК-1	2,0	7,1/0,6	0,6/0,4	25,0/0,9	4/0,7	–	140,1
УСК-1 + ЛСТ	2,0 + 3,0	16,0/2,7	6,5/0,30	24,0/0,8	100/15,2	–	172,7
СКТ-11	2,0	12,4/2,4	2,3/0,20	20,6/0,7	3,2/0,5	115/2,6	358,6
СКТ-11 + ЛСТ	2,0 + 3,0	31,7/4,1	4,5/1,10	25,6/1,3	108/0,5	89/11,7	391/4
ЛСТ	5,0	7,0/1,7	5,9/0,50	–	100/22,6	–	34/6

Примечание: * В числителе приведено значение при отверждении смеси, в знаменателе – при охлаждении.

Приложение К

Таблица К.1 – Выделение загрязняющих веществ при сушке форм и стержней [4]

Тип оборудования	Выделение веществ, кг/т						
	СО	NO	SO ₂	HF	Формальдегид	CH ₄	Акролеин
Горизонтальные конвейерные сушила	0,511	0,253	0,140	–	0,080	0,031	0,086
Конвейерные сушила	0,4	0,013	-	0,017	–	–	–
Вертикальные сушила	0,119	0,032	0,097	0,016	–	–	–
Камерные сушила	0,055-0,070	0,012	0,102	–	–	0,033	–

Приложение Л

Таблица Л.1 – Количество и дисперсный состав пыли, удаляемой от основных видов технологического оборудования литейных цехов [3]

Наименование оборудования	Количество пыли, мг/м ³	Дисперсный состав пыли (в % по массе) при размерах частиц, мкм						Объем отсасываемого воздуха, м ³ /ч
		до 5	5...10	10...20	20...40	40...60	более 60	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Склады шихты и формовочных материалов								
Дробилки щековые производительностью 30 т/ч	1600	2,60	10,00	18,2	30,40	18,30	20,50	500...2000
Мельницы шаровые производительностью 75 кг/ч	9000	45,00	27,30	19,20	5,00	2,50	1,00	900
Сушилка для песка и глины, м:								
d _c = 0,8, l _c = 4	–	–	–	–	–	–	–	1450
d _c = 1,2, l _c = 6	–	–	–	–	–	–	–	3250
d _c = 1,4, l _c = 7	300...500	–	–	–	–	–	100,00	4400
d _c = 1,6, l _c = 8	–	–	–	–	–	–	–	5700
d _c = 4, l _c = 10	–	–	–	–	–	–	–	8000
Смесеприготовительное отделение								
Бегуны смешивающиеся с вертикально вращающимися катками	1000	1,00	9,00	20,00	21,00	18,90	30,10	3000
То же, с горизонтально вращающимися катками	1000	1,00	9,00	20,00	20,00	20,00	30,00	15000, 18000

Продолжение таблицы Л.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сита плоские вибрационные (инерционные) С12-19 и плоские механические (качающиеся) СМ-50	2000	11,50	2,00	43,10	29,21	4,01	39,58	600...3000
Сита барабанные (полигональные) при просеивании материалов: холодных с температурой более 50°С	2000	–	2,00	9,5	17,40	20,70	50,40	1200...1500
	3000	0,50	12,00	30,50	24,50	15,00	18,00	1500...2000
Конвейеры ленточные	1000	–	–	–	–	–	–	более 300 на 1 м
Элеваторы ковшовые для сыпучих материалов: отсос от башмака при перемещении холодного материала отсос от головки при перемещении материала с температурой более 50°С	1000	–	0,80	4,00	18,00	21,40	55,80	по расчету
	2000	–	2,20	10,80	14,90	32,40	39,70	то же
Узлы пересыпания сухих сыпучих материалов	1000	3,40	4,00	17,40	21,80	8,40	45,00	то же

Продолжение таблицы Л.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Бункеры для оборотной формовочной смеси, сухого песка и сухой глины, загружаемые: через течи с ленточных конвейеров	2000	–	1,20	2,20	5,60	17,00	74,20	то же
	2000	0,30	1,00	3,40	7,00	15,90	72,40	то же
Отделение выбивки форм и стержней								
Решетки для выбивки форм высотой: от 30...60% ширины решетки 35% ширины решетки	800	6,00	8,00	22,00	26,00	23,00	15,00	12000
	2500	0,12	2,98	6,00	25,00	4,00	26,00	12000
Выбивные решетки площадью более 3 м ²	2500	5,80	7,80	30,20	23,60	11,60	21,00	16000
Станки вибрационные	2500	–	–	–	–	–	–	8000
Отделение обрубки, очистки отливок								
Барабаны очистные галтовочные периодического действия	3000	7,40	10,40	28,30	27,40	12,20	14,30	1800D ²
Камеры дробеструйные различных типов	3000...5150	0,50	2,50	11,00	20,90	40,10	25,00	1000...18000

Продолжение таблицы Л.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Станки обдирочно-шлифовальные	250...600	13,04	12,06	22,80	22,92	21,74	7,44	–
Установки для очистки мелкого литья	1000	6,70	5,50	24,70	9,00	2,50	31,60	3200
Барабаны очистные галтовочные модели 314	12500	1,60	8,30	27,40	29,73	17,30	15,70	11000
Машины очистные дробебетные	6000	0,70	1,70	8,50	14,00	21,40	51,00	6000
Барабаны дробебетные очистные	5400	0,70	3,00	14,60	39,10	21,20	21,40	8000
Столешницы дробебетные очистные	5650	–	1,00	10,00	10,50	11,30	67,20	6000
Камеры дробебетные очистные различных типов	4900...5500	1,00	2,00	12,00	13,80	30,70	40,50	8000...10000

Приложение М

Таблица М.1 – Выделение загрязняющих веществ при выбивке форм и стержней [10]

Оборудование	Выделение веществ, кг/т				
	Пыль	СО	SO ₂	NO _x	NH ₃
Подвесные вибраторы при высоте опоки над решеткой не менее 1 м	9,97	1,2	0,04	0,2	0,4
Решетки выбивные эксцентриковые производительностью до 2,5 т/год	4,8	1,0	0,03	0,2	0,3
Решетки выбивные инерционные грузоподъемностью, т/год до:					
– 10	7,9	1,1	0,03	0,2	0,4
– 20	10,2	1,2	0,04	0,3	0,6
– 30	22,3	1,2	0,04	0,3	0,6

Приложение Н

Таблица Н.1 – Концентрация пыли в воздухе и удельные выбросы пыли при различных способах очистки отливок [3]

Оборудование	Запыленность воздухе, мг/м ³	Количество выделяющейся пыли, кг/т литья	Количество отсасываемого воздуха, м ³ /ч
Очистные барабаны	4000...7000	4...7	1800D*
Обдирочные станки	25...440	0,4...7	1700
Дробеметные аппараты	5...60	0,08	17000
Дробеструйные камеры	53...76	0,04...0,06	–

Примечание: D* – диаметр барабана, м.

Приложение II

Таблица П.1 – Допустимые уровни звукового давления и эквивалентные уровни звука на рабочих местах [1]

Рабочие места	Уровень звукового давления, дБ в октавных полосах со среднегеометрической частотой, Гц									Уровень звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
В производственных помещениях цеха	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
За пультами в кабинах наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону; в помещениях лабораторий с шумным оборудованием, в помещениях для размещения шумных агрегатов вычислительных машин	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
В помещениях с речевой связью	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
В помещениях цехового управленческого аппарата, в рабочих комнатах конторских помещений, лабораториях	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60

Приложение Р

Таблица Р. 1 – Уровни звуковой мощности оборудования литейного цеха, L_N , дБ [2]

Оборудование	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц								Уровни звука
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Электропечь									
ДС-2	100	99	98	100	102	101	95	88	107
ДС-3	107	105	107	106	101	100	97	88	111
ДС-5	109	111	109	110	110	97	91	85	113
Бегуны									
размалывающие	100	103	102	97	90	88	85	79	98
смешивающие	106	104	104	113	99	95	86	79	104
Ленточный конвейер	105	106	107	99	96	92	89	85	103
Формовочная машина:									
266	110	109	103	110	111	105	104	102	117
234 (234 М)	113	110	113	114	112	109	107	100	119
Шаровая мельница									
типа:									
СМ-15	101	103	104	107	110	109	104	95	117
СМ-174	99	115	117	123	123	121	117	107	127

Продолжение таблицы П. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Очистной барабан	101	105	107	113	116	113	106	96	119
Пескомет мод. 296 М	104	110	113	105	100	96	94	91	108
Вибрационное плоское сито СМ 50	107	111	108	104	101	104	98	94	110
Трамбовка ТР-1	88	91	93	96	90	96	86	77	97
Пневматическая выбивная решетка	108	115	115	113	112	113	106	96	115
Инерционная решетка ИР-410:									
– пустая	98	99	102	107	110	111	96	96	113
– нагруженная	111	113	113	118	117	115	110	101	121

Приложение С

Таблица С.1 – Значение НКПВ и температура воспламенения ($t_{\text{воспл}}$) для металлических порошков [6]

Порошки (мельче 50 мкм)	НКПВ	Температура воспламенения, $t_{\text{воспл}}$, °С
Алюминий: распыленный	750	40
толченый	470	35
Магний: распыленный	490	10
молотый	475	20
толченый	480	20
Железо, восстановленное: водородом	290	120
углеродом	390	250
Железо: карбонильное	230	105
электролитическое	320	200
Титан	380	45
Цирконий	190	40
Ферромарганец ФМн78К	270	370
Силикокальций СК 25	42	490
Марганец металлический	190	320
Ферросилиций ФС75	150	1000

Приложение Т

Таблица Т.1 – Степени разрушения элементов объекта при различных избыточных давлениях фронта ударной волны

№ п/п	Элементы объекта	Разрушения			
		слабые	средние	сильных	полные
1	2	3	4	5	6
Производственные здания					
1	Массивные промышленные здания с металлическим каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью 25...50 т	20...30	30...40	40...50	50...70
2	Массивные промышленные здания с металлическим каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью 50...100 т	30...40	40...50	50...60	60...80
3	Промышленные здания с металлическим каркасом и бетонным заполнением стен с площадью остекления около 30 %	10...20	20...30	30...40	40...50
4	Доменные печи	20...40	40...80	80...100	Более 100
Некоторые виды оборудования					
1	Станки тяжелые	25...40	40...60	60...70	Более 70
2	Станки средние	15...25	25...35	35...45	Более 45
3	Станки легкие	6...12	12...15	15...25	Более 25
4	Краны и крановое оборудование	20...30	30...50	50...70	Более 70
5	Подъемно-транспортное оборудование	20...50	50...60	60...80	Более 80

Продолжение таблицы Т.1

1	2	3	4	5	6
6	Ленточные конвейеры на железобетонных эстакадах	5...6	6...10	10...20	20...40
7	Гибкие шланги для транспортировки сыпучих материалов	7...15	15...25	25...35	35...45
8	Электродвигатели мощностью до 2 кВт открытые	20...40	40...50	–	50...80
9	Электродвигатели мощностью до 2 кВт герметичные	30...50	50...70	–	80...100
10	Электродвигатели мощностью от 2 кВт до 10 кВт открытые	30...50	50...70	–	80...100
11	Электродвигатели мощностью от 2 кВт до 10 кВт герметичные	40...60	60...75	–	75...110
12	Электродвигатели мощностью 10 кВт и больше, открытые	50...60	60...80	–	80...120
13	Электродвигатели мощностью 10 кВт и больше, герметичные	60...70	70...80	–	80...120
14	Трансформаторы от 100 до 1000 кВт	20...30	30...50	50...60	Более 60
15	Генераторы на 100...300 кВт	10...25	25...35	35...50	50...70
16	Открытые распределительные устройства	15...25	25...35	–	–
17	Масляные выключатели	5...6	6...10	10...20	20...40
18	Контрольно-измерительная аппаратура	5...10	10...20	20...30	Более 30
19	Магнитные пускатели	20...30	30...40	40...60	–
20	Стеллажи	10...25	25...35	35...50	50...70
Коммунально-энергетические сети и транспорт					
1	Трансформаторные подстанции закрытого типа	30...40	40...60	60...70	70...80
2	Кабельные подземные линии	200...300	300...600	600...1000	Более 1000
3	Кабельные наземные линии	10...30	30...50	50...60	Более 60
4	Воздушные линии высокого напряжения	25...30	30...50	50...70	Более 70

Продолжение таблицы Т.1

1	2	3	4	5	6
5	Воздушные линии низкого напряжения	20...60	60...100	100...160	Более 160
6	Подземные чугунные и керамические трубопроводы	200...600	600...1000	1000...1200	Более 1200
7	Трубопроводы, углубленные на 20 см	150...200	250...300	300...500	Более 500
8	Трубопроводы наземные	20...50	50...130	Более 130	–
9	Трубопроводы на металлических или железобетонных эстакадах	20...30	30...40	40...50	–
10	Котельная	7...13	13...25	25...35	35...45
11	Подземные стальные трубопроводы диаметром до 350 мм	600...1000	1000...1500	1500...2000	Более 2000
12	Подземные стальные трубопроводы диаметром более 350 мм	200...350	350...600	600...1000	Более 1000
13	Водопровод заглубленный	100...200	200...1000	1000...1500	Более 1500
14	Подземные резервуары	20...50	50...100	100...200	Более 200
15	Частично углубленные резервуары	40...50	50...80	80...100	Более 100
16	Наземные резервуары	30...40	40...70	70...90	Более 90
17	Грузовые автомобили	20...30	30...50	55...665	Более 65
18	Гусеничная техника	30...40	40...80	80...100	Более 100
19	Железнодорожные пути	100...150	150...200	200...300	300...500
20	Подвижной железнодорожный состав	30...40	40...80	80...10	100...200
21	Металлические мосты с прогоном 30...45 м	50...100	100...150	150...200	Более 200

Приложение У

Мероприятия по повышению устойчивости элементов объекта

Мероприятия по повышению устойчивости здания:

- укрепление несущих конструкций здания установкой дополнительных колонн или ферм;
- укрепление цокольного этажа стойками и прогонами;
- установление новых перекрытий, подкосов, распорок;
- установление дополнительных связей между отдельными элементами сооружения;
- уменьшение прогона несущих конструкций установлением контрфорсов.

Мероприятия по повышению устойчивости оборудования, оргтехники, коммунальных сетей:

- прочное крепление оборудования на фундаменте;
- установка контрфорсов, которые повышают устойчивость станков к опрокидыванию;
- установка над оборудованием специальных защищающих конструкций;
- углубление наземных электролиний или трубопроводов в землю;
- установка дополнительных силовых элементов (для металлических конструкций);
- оснащение аварийного склада запасных частей и оборудования.

Приложение Ф

Таблица Ф. 1 – Государственные нормативно-правовые акты по охране труда (выдержка из Государственного реестра нормативно-правовых актов по вопросам охраны труда состоянием на 07.08.2008)

Позначення нормативного акта	Назва нормативного акта	Затвердження	
		Дата, номер документа	Організація
1	2	3	4
НОРМАТИВНО-ПРАВОВІ АКТИ, ДІЯ ЯКИХ ПОШИРЮЄТЬСЯ НА ДЕКІЛЬКА ВИДІВ ЕКОНОМІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ (код 0.00)			
НПАОП 0.00-1.01-07	Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів Зареєстровано:	18.06.07 Наказ № 132 09.07.07 № 784/14051	Держгірпромнагляд Мін'юст України
НПАОП 0.00-1.59-87	Правила будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском	27.11.87	Держгіртехнагляд СРСР
НПАОП 0.00-2.01-05	Перелік робіт з підвищеною небезпекою Зареєстровано:	26.01.05 Наказ № 15 15.02.05 № 232/10512	Держнаглядохоронпраці України Мін'юст
НПАОП 0.00-4.01-08	Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту Зареєстровано:	24.03.08 Наказ № 53 21.05.08 № 446/15137	Держгірпромнагляд Мін'юст України
Металургія (код КВЕД 27)			
НПАОП 27.0-1.01-08	Правила охорони праці в металургійній промисловості Зареєстровано:	22.12.09 Наказ № 289 29.01.09 № 87/16103	Держгірпромнагляд Мін'юст України
НПАОП 27.0-3.01-08	Норми безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам металургійної промисловості Зареєстровано:	27.08.08 Наказ № 187 01.10.08 № 918/15609	Держгірпромнагляд Мін'юст України

Продолжение таблицы Ф.1

1	2	3	4
НПАОП 27.1-1.01-09	Правила охорони праці у сталеплавильному виробництві Зареєстровано:	15.10.09 Наказ № 172 05.11.09 № 1038/17054	Держгірпромнагляд Мін'юст України
НПАОП 27.1-1.06-08	Правила охорони праці під час ремонту устаткування на підприємствах чорної металургії Зареєстровано:	20.08.08 Наказ № 183 16.09.08 № 863/15554	Держгірпромнагляд Мін'юст України
НПАОП 27.1-1.46-69	Правила техніки безпеки в мартенівському і електросталеплавильному виробництві	1969	ЦК профспілки робітників авіаборонпрому
НПАОП 27.1-5.02-81	Типова інструкція з безпеки праці для професій сталеплавильного виробництва	1981	Мінчормет СРСР
НПАОП 27.1-5.04-81	Типова інструкція з безпеки праці для робітників доменного виробництва	1981	Мінчормет СРСР
НПАОП 27.35-1.05-09	Правила охорони праці у феросплавному виробництві Зареєстровано:	15.10.09 Наказ № 173 05.11.09 № 1039/17055	Держгірпромнагляд Мін'юст України
НПАОП 27.4-1.02-89	Правила безпеки при виробництві нікелю, міді та кобальту	26.09.89	Держгіртехнагляд СРСР Мінкольормет СРСР
НПАОП 27.4-1.03-85	Правила безпеки при виробництві твердих сплавів і тугоплавких металів	24.12.85	Держгіртехнагляд СРСР Мінкольормет СРСР
НПАОП 27.4-1.06-77	Правила безпеки при виробництві олова і сплавів на його основі	28.06.77	Держгіртехнагляд СРСР Мінкольормет СРСР
НПАОП 27.4-7.15-86	ОСТ 48.264-86 Огородження рухомих частин устаткування. Загальні технічні вимоги	1986	Мінкольормет СРСР
НПАОП 27.5-1.15-97	Правила безпеки у ливарному виробництві	19.02.97 Наказ № 31	Держнаглядохоронпраці України

Продолжение таблицы Ф.1

1	2	3	4
НПАОП 27.5-1.33-89	Правила техніки безпеки при литті сталей і жаротривких сплавів за моделями, що виплавляються	16.12.89	Мінавіапром СРСР
НПАОП 27.5-1.45-61	Правила безпеки при роботі в ливарних цехах сталюого, чавунного та бронзового лиття	1961	ЦК профспілки робітників авіаоборонпрому
Виробництво та розподілення електроенергії (код КВЕД 40.1)			
НПАОП 40.1-1.01-97	Правила безпечної експлуатації електроустановок Зміни: Зареєстровано:	06.10.97 Наказ № 257 25.02.00 Наказ № 26 06.04.00 № 213/4434	Держнаглядохоронпраці України Держнаглядохоронпраці України Мін'юст України
НПАОП 40.1-1.21-98	Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів Зареєстровано:	09.01.98 Наказ № 4 10.02.98 № 93/2533	Держнаглядохоронпраці України Мін'юст України
НПАОП 40.1-1.32-01	Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок	21.06.01 № 272	Мінпраці України

Приложение Ц

Таблица Ц. 1 – Межгосударственные стандарты по охране труда

Обозначение нормативного акта	Название нормативного акта
1	2
ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ	Опасные и вредные производственные факторы. Классификация
ГОСТ 12.1.001-89 ССБТ	Ультразвук. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.1.002-84 ССБТ	Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах
ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ	Шум. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ	Пожарная безопасность. Общие требования

Продолжение таблицы Ц.1

1	2
ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ	Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны
ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ	Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля
ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ	Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности
ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ	Взрывобезопасность. Общие требования
ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ	Вибрационная безопасность. Общие требования
ГОСТ 12.1.014-84 ССБТ	Воздух рабочей зоны. Метод измерения концентраций вредных веществ индикаторными трубками
ГОСТ 12.1.016-79 ССБТ	Воздух рабочей зоны. Требования к методикам измерения концентрации вредных веществ
ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ	Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты
ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ	Электробезопасность. Защитное заземление, зануление
ГОСТ 12.1.044-89 ССБТ	Пожаробезопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения
ГОСТ 12.1.045-84. ССБТ	Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля
ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ	Оборудование производственное. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.2.007-88 ССБТ	Оборудование электротермическое. Требования безопасности
ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ	Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования
ГОСТ 12.2.033-84 ССБТ	Рабочие места при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования
ГОСТ 12.2.046-90 ССБТ	Оборудование технологическое для литейного производства. Требования безопасности
ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ	Оборудование производственное. Общие эргономические требования
ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ	Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам
ГОСТ 12.2.062-81. ССБТ	Оборудование производственное. Ограждения защитные
ГОСТ 12.2.072-82 ССБТ	Роботы промышленные. Роботизированные технологические комплексы и участки. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.3.002-75 ССБТ	Процессы производственные. Общие требования безопасности

Продолжение таблицы Ц.1

1	2
ГОСТ 12.3.005-75 ССБТ	Работы окрасочные. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.3.009-76 ССБТ	Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.3.027-92 ССБТ	Работы литейные. Требования безопасности
ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ	Средства защиты работающих. Общие требования и классификация
ГОСТ 12.4.026-76 ССБТ	Цвета сигнальные и знаки безопасности.
ГОСТ 12.4.103-83 ССБТ	Одежда специальная защитная, средства индивидуальной защиты ног и рук. Классификация
ГОСТ 12.4.125-83 ССБТ	Средства коллективной защиты работающих от воздействия механических факторов. Классификация
ГОСТ 17.2.1.04-77 ССБТ	Охрана природы. Атмосфера. Метеорологические аспекты загрязнения и промышленные выбросы. Основные термины и определения

Приложение Ш

Таблица Ш. 1 – Государственные стандарты Украины по охране труда

Обозначение нормативного акта	Название нормативного акта
ДСТУ 2272-93	Пожежна безпека. Терміни та визначення
ДСТУ 2300-93.	Вібрація. Терміни та визначення
ДСТУ 2325-93	Шум. Терміни та визначення
ДСТУ 2657-94	Машини та обладнання для механізації робіт у доменному виробництві. Загальні вимоги безпеки
ДСТУ 2687-94	Машини та обладнання для механізації робіт у сталеплавильному виробництві. Загальні вимоги безпеки
ДСТУ 2740-94	Виробництво виливків у металевих формах методом безперервного лиття. Вимоги безпеки
ДСТУ 3038-95	Гігієна. Терміни та визначення основних понять

Приложение Щ

Таблица Щ.1 – Санитарные нормы и правила, строительные нормы

Обозначение нормативного акта	Название нормативного акта
ДСН 3.3.6.037-99	Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку
ДСН 3.3.6.039-99	Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації
ДСН 3.3.6.042-99	Державні санітарні норми мікроклімату
ДСН 3.3.6.096-02	Державні санітарні норми і привила при роботі з джерелами електромагнітних полів
НАПБ А.01.001-2004	Правила пожежної безпеки України
ДБН В.2.5-28-2006	Природне та штучне освітлення

Навчальне видання

**АНАЛІЗ НЕБЕЗБЕЧНИХ І ШКІДЛИВИХ
ВИРОБНИЧИХ ФАКТОРІВ
У ЛИВАРНОМУ ВИРОБНИЦТВІ**

Методичні вказівки

для студентів спеціальностей ЛВ, ОЛВ
(Російською мовою)

Укладач ГЛИНЯНА Наталія Михайлівна

За авторським редагуванням

Комп'ютерне верстання С. П. Шнурік

31/2014. Формат 60 x 84/16. Ум. друк. арк. 5,98.
Обл.-вид. арк.4,44. Тираж 4 пр. Зам. № 46.

Видавець і виготівник
Донбаська державна машинобудівна академія
84313, м. Краматорськ, вул. Шкадінова, 72.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 1633 від 24.12.2003

Министерство образования и науки Украины
Донбасская государственная машиностроительная академия (ДГМА)

**АНАЛИЗ ОПАСНЫХ И ВРЕДНЫХ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ
В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

Методические указания

для студентов специальностей ЛП, ОЛП

Утверждено
на заседании
методического совета
Протокол № 9 от 19.06.2014

Краматорск
ДГМА
2014

УДК 658.382.3

Анализ опасных и вредных производственных факторов в литейном производстве : методические указания для студентов специальностей ЛП, ОЛП / сост. Н. М. Глиняная. – Краматорск : ДГМА, 2014. – 103 с.

Содержит рекомендации по выполнению раздела дипломного проекта, посвященного анализу опасных и вредных производственных факторов в литейном производстве, а также указания, касающиеся анализа устойчивости работы промышленного объекта в условиях чрезвычайной ситуации.

Предназначено для студентов высших учебных заведений технического профиля дневной и заочной форм обучения специальностей ЛП, ОЛП.

Составитель Н. М. Глиняная, доц.

Отв. за выпуск А. П. Авдеенко, проф.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 АНАЛИЗ ОПАСНЫХ И ВРЕДНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ В ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХАХ.....	7
1.1 Классификация опасных и вредных производственных факторов.....	7
1.2 Химические опасные и вредные производственные факторы	9
1.2.1 Классификация веществ по степени опасности.....	9
1.2.2 Особенности токсичности металлов	10
1.2.3 Токсичность некоторых веществ и их соединений	12
1.2.4 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.....	19
1.2.5 Вредные вещества в литейном производстве и их действие на организм человека	21
1.2.6 Канцерогенные вещества в литейном производстве.....	23
1.2.7 Основные источники пыли и газозадушных выбросов в литейном производстве.....	25
1.3 Физические опасные и вредные производственные факторы.....	34
1.3.1 Теплота.....	34
1.3.2 Шум в литейных цехах.....	36
1.3.3 Вибрация в литейных цехах.....	44
1.3.4 Ультразвук	46
1.3.5 Электромагнитные поля и излучения	47
1.3.6 Ионизирующие излучения	52
1.3.7 Электрический ток	53
1.3.8 Транспортные средства	54
1.3.9 Взрыво-, пожароопасность в металлургических цехах.....	55
2 БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ	63
2.1 Факторы, влияющие на устойчивость работы промышленного объекта в условиях ЧС.....	63
2.2 Анализ устойчивости работы производственного цеха к действию воздушной ударной волны.....	63
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	67
Приложение А	68
Приложение Б.....	70
Приложение В.....	75
Приложение Г	76
Приложение Д.....	78
Приложение Е.....	78
Приложение Ж.....	80
Приложение К.....	84

Приложение Л.....	85
Приложение М.....	89
Приложение Н.....	89
Приложение П.....	90
Приложение Р.....	91
Приложение С.....	93
Приложение Т.....	94
Приложение У.....	97
Приложение Ф.....	98
Приложение Ц.....	100
Приложение Ш.....	102
Приложение Щ.....	103

ВВЕДЕНИЕ

В пояснительной записке дипломного проекта при выполнении раздела, посвященного охране труда и безопасности в чрезвычайных ситуациях, особое внимание должно быть уделено детальному анализу опасных и вредных производственных факторов, которые могут иметь место при выполнении всех технологических операций производственного цикла.

При внедрении новой технологии, которая еще не регламентирована действующими правилами безопасности, первоочередной задачей является обеспечение безопасных и безвредных условий труда на каждом рабочем месте.

Согласно ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» опасные и вредные производственные факторы подразделяются на физические, химические, психофизические, биологические. Для литейных цехов характерны, как правило, опасные и вредные производственные факторы первых трех групп.

Студентам специальности ЛП рекомендуется провести анализ опасных и вредных производственных факторов для основных производственных участков (отделений) в соответствии с планом проектируемого цеха, студентам специальности ОЛП для основных технологических процессов проектируемой линии.

К химическим опасным и вредным производственным факторам в литейных цехах можно отнести:

- газы, пары (необходимо указать источники выделения вредных веществ, их фактическую и предельно допустимую концентрации (ПДК));
- пыль (необходимо указать источники выделения пыли, вещества входящие в состав пыли, их фактическую концентрацию и ПДК);

К физическим опасным производственным факторам относятся:

- расплавленный металл, брызги расплавленного металла, раскаленный металл;
- опасные зоны оборудования, автоматизированных участков, конвейерных линий, роботизированных участков;
- повышенное напряжение в электросети (необходимо указать электрооборудование и фактическое значение напряжения);
- подъемно-транспортное оборудование;
- внутрицеховой транспорт;

К физическим вредным производственным факторам относятся:

- факторы, формирующие микроклимат, такие как температура воздуха рабочей зоны, относительная влажность, скорость движения воздуха (необходимо указать источники избыточных тепловыделений, влажности, воздушных потоков; фактические и предельно допустимые значения параметров микроклимата);
- шум (необходимо указать источники шума, фактические значения уровня шума, предельно допустимый уровень (ПДУ));

- вибрация (необходимо указать источники вибрации, фактические значения вибрации, ПДУ);
- излучения (необходимо назвать источники электромагнитных, ионизирующих и др. излучений, привести их фактические значения, ПДУ).

Психофизическими факторами являются:

- физические, например, динамические нагрузки при ручном перемещении грузов и др. видах физических работ; статическое перенапряжение (необходимо указать, при выполнении каких именно производственных операций данные нагрузки имеют место);
- психические, например, утомление из-за монотонности труда, высокой концентрации внимания и др. (необходимо указать, при выполнении каких производственных операций данные нагрузки имеют место).

При выполнении раздела дипломного проекта, который посвящен анализу устойчивости работы промышленного объекта в условиях чрезвычайной ситуации, обусловленной взрывом газовой воздушной углеводородсодержащей смеси, а именно к воздействию воздушной ударной волны, рекомендуется следующая последовательность рассмотрения вопросов:

- необходимо рассчитать величину избыточного давления ударной волны в месте расположения промышленного объекта;
- составить сводную таблицу, содержащую характеристику основных элементов объекта, степень разрушения для каждого элемента объекта при разных избыточных давлениях ударной волны;
- определить предел устойчивости каждого элемента как границу между слабыми и средними разрушениями;
- определить предел устойчивости работы объекта в целом по минимальному пределу устойчивости элементов, входящих в состав промышленного объекта;
- дать определение критерия устойчивости объекта к действию ударной волны;
- провести сравнительный анализ теоретически полученного значения предела устойчивости работы объекта с расчетной величиной избыточного давления фронта ударной волны в месте расположения объекта и сделать вывод об устойчивости работы объекта в условиях данной ЧС;
- в том случае, если объект признан неустойчивым к действию ударной волны, необходимо внести предложения для повышения устойчивости каждого неустойчивого элемента объекта.

Обоснование выбора технологических схем, оборудования, технологических решений, используемых в дипломном проекте, в первую очередь, должно базироваться на безопасности производственных процессов, основного и вспомогательного технологического оборудования, производственных условий труда для работающих, с целью недопущения травматизма на производстве, снижения уровня профессиональных заболеваний, для создания оптимальных условий труда.

1 АНАЛИЗ ОПАСНЫХ И ВРЕДНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ В ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХАХ

1.1 Классификация опасных и вредных производственных факторов

В соответствии с ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» опасные и вредные производственные факторы подразделяются на следующие группы:

1 *Физические* опасные и вредные производственные факторы: движущиеся машины и механизмы; незащищенные подвижные элементы производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; разрушающиеся конструкции; обрушивающиеся горные породы; повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны; повышенный уровень шума; повышенный уровень вибраций; повышенный уровень инфразвуковых колебаний; повышенный уровень ультразвука; повышенное или пониженное барометрическое давление в рабочей зоне; повышенная или пониженная влажность воздуха; повышенный уровень ионизирующих излучений в рабочей зоне; повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; повышенный уровень статического электричества; повышенный уровень электромагнитных излучений; повышенная напряженность электрического поля; повышенная напряженность магнитного поля; отсутствие или недостаток естественного света; недостаточная освещенность рабочей зоны; повышенная яркость света; пониженная контрастность; прямая или отраженная блескость; повышенная пульсация светового потока; повышенный уровень ультрафиолетовой радиации; повышенный уровень инфракрасной радиации; острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов; расположение рабочего места на значительной высоте относительно поверхности земли (пола).

2 *Химические* опасные и вредные производственные факторы.

По воздействию на организм человека они подразделяются на такие:

- общетоксические, которые действуют отравляюще на весь организм, поражают центральную нервную систему (СО, CNS H₂S, ароматические углеводороды);
- раздражающие, действующие на слизистую оболочку глаз, слизистую поверхность верхних дыхательных путей (кислоты, щелочи, Cl₂, NO₂, SO₂ в небольших концентрациях);
- сенсibiliзирующие, при воздействии которых повышается чувствительность организма человека к данным веществам, обладают аллергическим действием, вызывают кожные, астматические явления (ртуть, ароматические нитро- и нитрозосоединения, нитролаки, аminosоединения);

- канцерогенные, которые приводят к возникновению злокачественных опухолей (продукты перегонки нефти, асбест и т. п.);
- мутагенные, вызывающие изменение наследственного аппарата человека, что приводит к возникновению мутаций и передаче их потомкам (соединения свинца, ртути, бенз[α]пирен).

По пути проникновения в организм человека химические вещества подразделяются на проникающие:

- через органы дыхания;
- через пищеварительную систему;
- через кожные покровы и слизистые оболочки.

3 **Биологические** опасные и вредные производственные факторы: патогенные микроорганизмы (бактерии, вирусы, спирохеты, грибы и т. д.), вызывающие различные заболевания; макроорганизмы.

4 **Психофизические** опасные и вредные производственные факторы по характеру воздействия подразделяются на:

- физические (статические и динамические перегрузки);
- нервно-психические (умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов, монотонность труда, эмоциональные перегрузки и т.п.).

Один и тот же опасный и вредный производственный фактор по природе своего действия может относиться одновременно к различным группам.

В разделе диплома, который посвящен анализу опасных и вредных производственных факторов, необходимо осуществить анализ всех видов производственного оборудования с точки зрения опасности для работников цеха, сравнить с данными аналогичного оборудования и обосновывать выбор решения в проекте. Также необходимо осуществить оценку каждого производственного процесса с точки зрения влияния на работающих постоянных и периодических опасных факторов. **Постоянные** – это опасные факторы, которые всегда присутствуют при выполнении технологического процесса. Например, при выпуске чугуна из вагранки в ковш всегда имеется опасность попадания жидкого металла на рабочего, который осуществляет эту технологическую операцию. **Периодические** – это факторы, которые возникают непредвиденно во время выполнения технологического процесса, например, прогар воздушных фурм в вагранке, прорыв футеровки, выброс стали при раскислении в ковше, повреждение электрической изоляции, обрыв тороса подъемного механизма и т. п.

Рассмотрим подробнее группы опасных и вредных производственных факторов с учетом особенностей литейного производства.

В литейных цехах основными опасными и вредными производственными факторами являются: пыль, пары и газы, избыточная теплота, повышенный уровень шума, вибраций, электромагнитных излучений, движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования, внутрицеховой транспорт и др.

1.2 Химические опасные и вредные производственные факторы

1.2.1 Классификация веществ по степени опасности

Вредные вещества по степени воздействия на организм человека подразделяются на четыре класса опасности: 1-й – вещества чрезвычайно опасные; 2-ой – вещества высокоопасные; 3-й – вещества умеренно опасные; 4-й вещества малоопасные. Отнесение вредного вещества к классу опасности производят по показателю, значение которого соответствует наиболее высокому классу опасности (табл. 1.1) [1].

Таблица 1.1 – Класс опасности вредных веществ в зависимости от норм и показателей

Показатель	Норма для класса опасности			
	1-го	2-го	3-го	4-го
ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	Менее 0,1	0,1...1,0	1,1...10,0	Более 10,0
Средняя смертельная доза при введении через желудок, мг/кг	Менее 15	15...150	151...5000	Более 5000
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу, мг/кг	Менее 100	100...500	501...2500	Более 2500
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/ м ³	Менее 500	500...5000	5001...50000	Более 50000
Коэффициент возможности индукционного отравления (КВИО)	Менее 300	300...30	29...3	Менее 3
Зона острого действия	Менее 6,0	6,0...18,0	18,1...54,0	Более 54,0
Зона хронического действия	Более 10,0	10,0...5,0	4,9...2,5	Менее 2,5

1.2.2 Особенности токсичности металлов

Между токсичностью соединений металлов и их физико-химическими свойствами (молекулярной массой, плотностью, температурой кипения, температурой плавления) есть определенная связь.

Токсичность относительно хорошо растворимых соединений металлов связана с нормальным потенциалом металла, потенциалом первичной ионизации атома металла, значением атомного радиуса, с растворимостью различных соединений металлов, прочностью кислородного соединения металла.

Токсические свойства различных металлов очень разнообразны. Поведение металлов в большой степени зависит от пути попадания в организм человека, так как на пути попадания в кровь из разных первичных депо (подкожная клетчатка, легочная ткань, кишечник) они встречаются разные по своим физико-химическим свойствам и по проницаемости физиологические барьеры [1].

Одним из важнейших факторов, определяющих токсические свойства металлов и характер их биологического действия, является способность металла проникать через клеточные мембраны во внутреннюю среду клеток. Легкость проникновения внутрь клеток связана, очевидно, с малым ионным радиусом (0,43 Å для бериллия, 0,47 Å – хрома, 0,90 Å – марганца и т.д.). Прочная связь металла с белком, которая различна у разных металлов, влияет на его поведение в организме.

Скорость всасывания металлов при одинаковом пути их попадания в организм определяется, прежде всего, физико-химическим состоянием металла в организме. На всасывание металлов влияет способность некоторых из них образовывать растворимые соединения с некоторыми биоконплексами, что объясняет их лучшую растворимость в биологических средах по сравнению с растворимостью в воде.

На растворимость одного металла может влиять другой металл. Растворимость кобальта в присутствии вольфрама значительно усиливается. Некоторые металлы (торий, церий, лантан, плутоний и др.) быстро выделяются из кишечника и поэтому мало выводятся через почки.

Характерное заболевание – «литейная лихорадка», которая вызывается вдыханием паров ряда металлов, в первую очередь, цинка, реже никеля, меди, железа, кобальта, свинца, марганца, бериллия, олова, сурьмы, кадмия и их оксидов. Некоторые металлы (хром, никель, бериллий, мышьяк и др.) обладают канцерогенным действием и способны вызывать рак различных органов.

Степень и характер токсичности соединений металлов определяется в большей мере катионом металла, чем анионом.

При острых отравлениях солями хрома, урана, ртути, мышьяка и других металлов могут возникнуть некротические изменения, т.е. омертвление какой-либо части организма.

При хронических интоксикациях некоторыми металлами, например, свинцом, ртутью, марганцем, могут возникать нарушения слуховой и вестибулярной функций организма.

Концентрации, вызывающие острое отравление организма, настолько велики, что практически в производственных условиях не встречаются. Возникают только хронические отравления, например, свинцом, марганцем и др., которые являются следствием кумуляции, т.е. накопления в организме проникшего в него вещества, но известную роль играет и функциональная кумуляция, т.е. накопление изменений, вызываемых новыми порциями поступающего вещества.

Некоторые металлы и их соединения могут вызывать аллергические реакции, связанные с необычной реакцией организма при повторном или многократном воздействии тех или иных веществ. К числу заболеваний аллергического происхождения относят бронхиальную астму, некоторые заболевания сердца, поражения кожи, глаз, носа и др. Свойствами аллергенов обладают ртуть, кобальт, никель, хром, платина, бериллий, мышьяк, золото, цинк и некоторые их соединения.

Многие металлы являются биологическими микроэлементами, находящимися в крови, печени, мышцах, железах внутренней секреции, костях. Их содержание очень невелико ($10^{-3} \dots 10^{-2} \%$), однако они играют определенную биологическую роль в нормальных физиологических процессах организма (в процессах обмена веществ, роста, тканевого дыхания, кроветворения и др.) Недостаток или избыток микроэлементов против нормального содержания приводит к нарушениям тех или иных функций организма и заболеваниям. К числу биоэлементов относятся ванадий, железо, калий, кальций, кобальт, кремний, магний, марганец, медь, молибден, натрий, стронций, фосфор, цинк. К биогенным металлам, которые находятся в животных организмах, относятся также алюминий, барий, бериллий, висмут, галлий, германий, кадмий, литий, мышьяк, никель, олово, ртуть, рубидий, свинец, серебро, сурьма, титан, уран, хром, цезий и др. [1].

В производственных условиях в литейных цехах наибольшую опасность представляют загрязнения воздушной среды, из-за чего происходит попадание токсических веществ внутрь организма человека при вдыхании. Кроме того, возможен непосредственный контакт при оседании загрязнений на наружные поверхности организма – кожные покровы, глаза. Не исключена возможность попадания токсических веществ в организм человека при заглатывании загрязненной пищи.

При многокомпонентном загрязнении воздуха возможно усиление токсического действия. Например, смеси, содержащие карбиды вольфрама, титана и кобальта, обладают более выраженным действием, чем пыль отдельных компонентов.

Загрязнение воздушной среды цеха металлами и их соединениями при осуществлении технологических процессов происходит механическим или физико-химическим путем.

При измельчении и перегрузке сырых материалов, ломке футеровки печей, очистке от окалины и т.п. воздух загрязняется пылью, образуются аэрозоли,

дисперсной фазой которых являются пылинки различного качественного состава, разных размеров и форм. При плавке, выпуске и разливке металлов возможна конденсация паров металлов; образуются аэрозоли, дисперсную фазу которых составляют частицы металлов и их соединений с другими веществами.

Металлы в воздухе иногда находятся в разновалентном состоянии, чем может определяться разница в их токсическом воздействии. Образующиеся пары металлов быстро конденсируются и окисляются, а степень окисления зависит от окружающих условий.

Интенсивность выделения паров металлов зависит от их упругости. Оценить опасность загрязнения воздуха парами металлов можно, зная упругость металла, его оксидов и других соединений, которые образуются при температурах данного технологического процесса. Следует учитывать, что испарение некоторых металлов начинается раньше плавления. Может происходить изменение валентности металла в его аэрозоле. Летучесть разных соединений металлов различна. Так, соединения меди с мышьяком очень летучи, а соединения железа с мышьяком малолетучи.

Степень загрязнения воздуха (при прочих одинаковых условиях) зависит и от его подвижности.

1.2.3 Токсичность некоторых веществ и их соединений

Опасным действием на организм человека обладают, прежде всего, ионы металлов, пылевидная фракция, а также соли металлов [1].

Алюминий Al. Атомная масса (Ат. м.) 26,9815; температура плавления (т. пл.) 660 °С; температура кипения (т. кип.) 2452 °С; плотность (плотн.) 2,702 г/см³.

ПДК для алюминия и его сплавов (в пересчете на Al) 2 мг/м³.

Токсическое действие. При вдыхании пыли или дыма возникает поражение легких. Особенно токсичны мышьяковистый алюминий и силикофтористый алюминий, токсические свойства которых создаются радикалом, соединенным с атомом алюминия. При попадании частиц алюминия в глаза происходят очаговые отравления, изменяется капсула хрусталика, пигментация роговицы, возникает помутнение стекловидного тела. Возможно раздражение слизистых оболочек глаз, носа, рта, половых органов, поражение кожи; может возникнуть фиброз легких («алюминоз»).

Барий Ba. Ат. м. 137,33; т. пл. 727 °С; т. кип. 1637 °С; плотн. 3,78 г/см³.

ПДК для пыли BaSO₄ (при содержании менее 10 % SiO₂) 5 мг/м³; для BSiO₃ 2 мг/м³.

Токсическое действие. Нерастворимые соли бария, в частности, сульфат не ядовиты. Растворимые соединения бария, например, хлорид, сульфид, оксид бария и др. ядовиты. При попадании через рот оказывают раздражающее действие. Соединения бария вызывают воспалительные заболевания головного

мозга, действуют на гладкую и сердечную мускулатуру. Могут вызывать пневмокониоз. Пыль барита и серноокислого бария (при длительном воздействии) может вызвать поражение легких. Минерал барит и чистый серноокислый барий практически безвредны. Более выраженным токсическим действием обладает хлористый барий, несколько меньшим – азотноокислый барий, окись и перекись бария; наименее токсичны углекислый и уксуснокислый барий. Пыль барита и серноокислого бария (при длительном воздействии) может вызвать заболевание легких.

Ванадий V. Ат. м. 50,942; т. пл. 1920 °С; т. кип. 3400 °С; плотн. 6,11 г/см³.

ПДК для дыма оксида ванадия (V) 0,1 мг/м³; для феррованадия (V), для пыли ванадий содержащих шлаков 4 мг/м³; для пыли и оксида ванадия (III) и (V) 0,5 мг/м³.

Токсическое действие. Соединения ванадия имеют различную токсичность. Оказывают быстрое раздражающее действие на дыхательный тракт и слизистую оболочку глаз. При этом долго нет болей, плохо ощущаются больным и другие болезненные симптомы заболевания, затем развиваются острые и хронические заболевания дыхательных путей с носовыми кровотечениями, возможны воспаление легких, склероз легких, эмфизема легких; также возможны изменения в сердечно-сосудистой системе, функциональные изменения нервной системы, нарушение синтеза белка организмом, что приводит к похудению, угнетение синтеза гемоглобина крови, вследствие чего снижается содержание витамина С. Возникает одышка, анемия и снижается количество лейкоцитов. Появляются воспалительно-аллергические заболевания кожи, реже – бронхиальная астма. Характерными признаками хронического отравления являются изменения слизистых оболочек дыхательного тракта (сухость, рубцы, эрозии). При длительном воздействии возникают дрожание конечностей, неврастения, воспаление зрительного нерва и сетчатки может привести к слепоте, нарушается деятельность сердечно-сосудистой системы, растет количество холестерина в крови. Признаками поражения нервной системы являются следующие: головная боль, усталость, потливость, подавленное состояние, дрожание рук, повышенная чувствительность кожи конечностей.

Пыль металлического ванадия при хроническом действии вызывает изменения в желудочно-кишечном тракте, печени, почках. Пыль ванадиевого шлака может оказывать раздражающее и общетоксическое действие.

Оксид ванадия (III) оказывает умеренное раздражающее действие; оксид ванадия (V) при вдыхании или попадании через рот вызывает воспалительные изменения в органах дыхания и желудочно-кишечном тракте. Соли ванадия (ванадаты, хлориды) хорошо всасываются из желудочно-кишечного тракта.

Производственная пыль ванадия, феррованадия и карбида ванадия обладает выраженным хроническим местным и общим токсическим действием. Длительное действие приводит к хроническому бронхиту, промежуточному склерозу легких, при попадании яда через рот возникает катар желудка.

Хроническое общетоксическое действие приводит к изменениям в печени и почках; ванадийсодержащие аэрозоли сложного состава быстрее вызывают пневмокониоз.

Вольфрам W. Ат. м. 183,85; т.пл. 3370...3390 °С; т.кип. 5900...6000 °С; плотн. 19,3 г/см³.

ПДК для вольфрама и карбида вольфрама 6 мг/м³.

Токсическое действие. Некоторые соединения вольфрама более токсичны, чем соединения молибдена. Вольфрам, его оксид и карбид могут вызвать начальные явления пневмосклероза. Соединения вольфрама могут вызывать также заболевания кожи. Хлорид вольфрама обладает общетоксическим и значительным прижигающим действием, а также раздражающим действием на глаза; оказывает более выраженное общетоксическое действие, чем его оксиды (из-за большой растворимости). Действие хлорида вольфрама на кожу напоминает действие соляной кислоты. Вызывает дистрофию печени вследствие нарушения питания тканей, изменение в желудке и почках.

Сплавы железа

Ферромарганец. При большом выделении пыли возможны изменения в центральной нервной системе, в крови, частичный паралич, слабость мышц, замедление речи. Оказывает токсическое действие, свойственное марганцу. Пыль ферромарганца может при длительном воздействии вызывать нарушения типа пневмокониоза; она более токсична, чем пыль силикомарганца.

Ферромolibден. Действие пыли значительно менее токсично, чем пыли молибдена.

Ферроникель. Действие пыли значительно менее токсично, чем пыли никеля.

Ферросилиций. При хранении, транспортировке, размоле, увлажнении выделяется в воздух фосфористый (а иногда и мышьяковистый) водород (особенно при содержании 30...70% Si), вызывающий отравление, которое может привести и к смертельному исходу. Симптомами отравления являются отрыжка, тошнота, рвота, понос, потеря аппетита, слабость.

Кальций Ca. Ат. м. 40,08; т. пл. 842 °С; т.кип. 1495 °С; плотн. 1,54 г/см³ (20 °С).

ПДК для кальция алюмохромфосфата (в пересчете на CrO₃) 0,01 мг/м³; для кальция никельхромфосфата (по Ni) 0,05 мг/м³.

Токсическое действие. Дым, выделяющийся при горении кальция на воздухе, состоит из оксида кальция, он оказывает разъедающее действие на кожу, глаза и слизистые оболочки. Соединения кальция токсичны в виде оксидов, если содержат токсичный элемент. Карбид кальция вреден из-за выделения ацетилена при контакте карбида с влагой; обладает прижигающим действием, вызывает язвы на коже; опасно попадание в глаза. Оксид кальция и гидрат оксида кальция дают щелочную реакцию и поэтому разъедают кожу и органы дыхания. В виде пыли вызывают воспаление легких, дерматит, раздражение глаз и слизистых оболочек. Оксид кальция, подобно щелочи, омыляет жиры, поглощает влагу из кожи, растворяет белки, раздражает и прижигает ткани, слизистую оболочку глаз, вызывает ожоги кожи.

Кобальт Co. Ат. м. 58,9332; т. пл. 1494 °С; т. кип. 2960 °С; плот. 8,9 г/см³.

ПДК для кобальта и оксида кобальта 0,5 мг/м³.

Токсическое действие. Кобальт – биологически важный элемент, кобальт (и витамин В₂ в котором он содержится) необходим для кроветворения, стимулирует образование красных кровяных клеток и гемоглобина. Большие дозы кобальта вызывают токсическое действие. Возможны поражения почек и печени, воспалительные и склеротические изменения в легких, катар верхних дыхательных путей, хронический бронхит, гипотония, влияние на сердечно-сосудистую и центральную нервную систему. При контакте с кожей вызывает острый дерматит, красные пузыри, узелки и отеки на открытых частях тела, а иногда и на закрытых. Возможны нарушения в органах пищеварения. Степень токсического действия оксидных соединений кобальта зависит от валентности металла. Закись кобальта более токсична, чем его оксид. Металлический кобальт обладает более выраженным острым токсическим действием, чем его оксиды. Пыль металлического кобальта, наряду с действием на легочную ткань, обладает также общерезорбтивным действием (способностью попадать в кровь).

Карбонил кобальта [Co(CO)₄]₂ значительно менее токсичен, чем карбонилы железа и никеля.

Кремний Si. Ат м. 28,086; т.пл. 1410 °С; т. кип. 3249 °С; плотн. 2,33 г/см³.

ПДК для кремнемедистого сплава 4 мг/м³.

Токсическое действие. Кремний малоядовит. Соединения кремния обладают различной токсичностью, особенно опасен кремнезем. Растворимые силикаты калия и натрия вызывают кожные заболевания. Галогеновые соединения кремния раздражают слизистые оболочки. Пыль силумина по действию занимает промежуточное место между алюминием и кремнеземом.

Кремния диоксид SiO₂. Молярная масса 60,0848; т. пл. 1710 °С; т.кип. 2930 °С; плотн. 2,2 г/см³ (аморфный), 2,6 г/см³ (кристаллический).

ПДК для различных модификаций диоксида кремния приведены в таблице 1.2 [1].

Таблица 1.2 – ПДК различных модификаций диоксида кремния

Модификации диоксида кремния	ПДК, мг/м ³
1	2
Кремния диоксид аморфный в виде аэрозоля конденсации при содержании: более 60 % от 10 до 60 %	1 2
Кремния диоксид аморфный в смеси с оксидами марганца в виде аэрозоля конденсации с содержанием каждого их них не более 10 %	1
Кремния диоксид аморфный и стеклообразный в виде аэрозоля дезинтеграции (диатомит, кварцевое стекло, плавленный кварц, трепел)	1

Продолжение таблицы 1.2

1	2
Кремния диоксид кристаллический (кварц, кристобалит, тридимит) при содержании в пыли:	
более 70 % (кварцит, динас и др.)	1
от 10 до 70 % (гранит, шамот, слюда-сырец, углепородная пыль)	2
от 2 до 10 % (горючие кукерситные сланцы, медно-сульфидные руды)	4

Токсическое действие. При вдыхании пыли, содержащей SiO_2 , возникает хроническое заболевание легких – силикоз (разрастание соединительной ткани легких), которое приводит к нарушению дыхательной и других функций легких. Степень воздействия зависит от модификации SiO_2 (тридимит, кристобалит, кварц) и степени дисперсности аэрозоля. Силикоз в ряде случаев осложняется туберкулезом (силикотуберкулезом), а также возможен и рак легких. При силикозе может возникать общетоксическое действие, связанное, очевидно, с растворимостью кремнезема в тканевых жидкостях, которое выражается изменениями в крови.

Магний Mg. Ат. м. 24,305; т.пл. 650 °С; т.кип. 1105 °С; плотн. 1,74 г/см³ (20 °С).

ПДК для магния хлората 5 мг/м³.

Токсическое действие. Вдыхание магния и свежего сублимированного оксида магния может вызвать «литейную лихорадку». При длительном воздействии магния наблюдается хроническое атрофическое воспаление слизистых оболочек носа и горла, катаральное состояние слизистых оболочек верхних дыхательных путей, повышение артериального давления, изменения в крови. Возможно заболевание желудка, торможение центральной нервной системы, паралич скелетных мышц. Металлический магний может травмировать кожу, вызывая воспалительно-гнойные процессы. Частицы металлического магния и его сплавов, перфорируя кожу, проникают через порезы и царапины, что может вызвать тяжелое местное поражение, характеризующееся образованием волдырей и острой воспалительной реакцией, часто с омертвением тканей. Воспалительная реакция заметна на месте повреждения, а также может быть симптомом воспаления лимфатических сосудов. Токсичность соединений магния зависит от его аниона.

Марганец Mn. Ат. м. 54,938; т. пл. 1244 °С; т.кип. 2080 °С; плотн. 7,44 г/см³.

ПДК оксидов марганца (в пересчете на MnO_2) составляет для аэрозоля дезинтеграции и для аэрозоля конденсации 0,3 мг/м³.

Токсическое действие. В норме в организме человека содержится 25...30 г марганца. Однако вдыхание дыма или пыли, аэрозолей марганца и его сплавов вызывает хроническое отравление, так как марганец и его оксиды являются

сильным ядом, действующим на центральную нервную систему, вызывая в ней тяжелые изменения; марганец действует также на легкие («манганокониоз»), печень, кровь, вегетативную систему. При отравлении может произойти чрезмерное развитие тканей головного и спинного мозга. Оказывает действие на кожу, вызывая дерматит, экзему. Хроническое отравление протекает в три стадии: I – функциональное поражение центральной нервной системы, а иногда и поражение желудка, симптомы полиневрита; II – органическое поражение центральной нервной системы; III – «марганцевый паркинсонизм» (дрожательный паралич, вследствие поражения головного мозга), желудочные расстройства, болезни печени и др.

Медь Cu. Ат. м. 63,546» т.пл. 1083,4 °С; т.кип. 2567 °С; плотн. 8,92 г/см³.

ПДК максимальная разовая для меди составляет 1 мг/м³, среднесменная 0,5 мг/м³.

Токсическое действие. В организме взрослого человека в норме содержится 100...150 мг меди. Оксиды меди вызывают «медную лихорадку», желудочно-кишечные расстройства, поражения в носу и верхних дыхательных путях, поражения кожи. Заглатывание может причинить желудочно-кишечные расстройства и кровотечение, воспаление почек.

Молибден Mo. Ат. м. 95,94; т. пл. 2623 °С; т. кип. 4800 °С; плотн. 10,2 г/см³.

ПДК для растворимых соединений в виде аэрозоля конденсации составляет 2 мг/м³; для растворимых соединений в виде пыли 4 мг/м³; для нерастворимых соединений максимальная разовая ПДК – 6 мг/м³.

Токсическое действие. Молибден – биологически важный элемент, содержится в организме в небольших количествах. Хроническое отравление молибденом вызывает нарушение обмена меди, а также фосфора в костной ткани. Металлический молибден и молибденит MoS₂ малоядовиты.

Никель Ni. Ат. м. 58,69; т.пл. 1455 °С; т. кип. 2900 °С; плотн. 8,9 г/см³. Высокодисперсный никель и его оксиды растворимы в биосредах, особенно кислых (желудочный сок).

ПДК для никеля, оксида никеля, сульфида и смеси соединений никеля (в пересчете на никель) составляет 0,05 мг/м³.

Токсическое действие. Пыль никеля может оказывать острое и хроническое действие с преимущественным поражением легких. Возможно возникновение «никелевого зуда» – формы дерматита, поражающей руки и плечи; рака легких, носа или верхней части зева; поражение слизистых оболочек верхних дыхательных путей; нарушение обоняния; снижение кровяного давления; нарушение центральной нервной и сердечно-сосудистой систем, функций печени; появление желудочных заболеваний, бронхиальной астмы, «литейной лихорадки». Сульфидные и закисные соединения никеля могут вызывать злокачественные опухоли бедра и легкого.

Олово Sn. Ат. м. 118,71; т.пл. 231,9 °С; т. кип. 2600 °С; плотн. 5,75 г/см³ (для серого олова).

ПДК для неорганических соединений, исключая оксиды, составляет 2 мг/м³; для органических соединений – 0,1 мг/м³.

Токсическое действие. Элементарное олово нетоксично; его соединения оказывают различное токсическое действие. В результате вдыхания пыли при длительном воздействии возможен пневмокониоз, хроническая экзема.

Свинец Pb. Ат. м. 207,2; т. пл. 327,5 °С; т. кип. 1751 °С; плотн. 11,3415 г/см³ (20 °С).

ПДК максимальная разовая для свинца и его неорганических соединений составляет 0,01 мг/м³.

Токсическое действие. Сильный яд. Отравления свинцом занимают первое место среди хронических профессиональных отравлений. Вызывает в организме ряд изменений, угнетает нервную систему и систему кроветворения, нарушает обмен веществ, вызывает сосудистый спазм в почках и большом круге кровообращения, паралич конечностей, изменения в желудочно-кишечном тракте, хроническое заболевание головного мозга, ускоряет возникновение атеросклероза. Возможны поражения внутреннего уха, астма, язвенная болезнь, гастрит, гипертоническая болезнь, поражения печени, почек, слизистой оболочки рта и носа, психические заболевания, опухоль мочевого пузыря.

Токсичность разных соединений свинца различна из-за неодинаковой растворимости в жидкостях организма, например, в желудочном соке. Труднорастворимые соединения свинца подвергаются в кишечнике сильным изменениям, приводящим к повышению их растворимости и всасываемости.

Титан Ti. Ат. м. 47,88; т.пл. 1671 °С; т. кип. 3260 °С; плотн. 4,5 г/см³ (20 °С).

ПДК для титана и его двуокиси составляет 10 мг/м³.

Токсическое действие. Физиологически инертен. Пыль карбида титана вызывает изменения главным образом в органах дыхания. Соединения титана могут вызывать различные воспаления, бронхиты, пневмосклероз, поражения легких.

Четыреххлористый титан TiCl₄. Молекулярная масса 189,71; т. пл. 30 °С; т. кип. 136,4 °С; плотн. 1,722 г/см³ (25 °С).

ПДК для титана четыреххлористого (по HCl) составляет 1 мг/м³.

Токсическое действие. Тетрахлорид титана обладает сильным раздражающим и разъедающим действием (гидролизует, образуя HCl). Поражает слизистые оболочки верхних дыхательных путей и рта, роговицу глаз; вызывает бронхит, ожоги кожи, раздражение носа, гортани. В жидком состоянии оказывает прижигающее действие и быстро разрушает одежду.

Хром Cr. Ат. м. 51,996; т. пл. 1890 °С; т. кип. 2680 °С; плотн. 7,19 г/см³.

ПДК для хроматов, бихроматов (в пересчете на CrO₃) составляет 0,01 мг/м³.

Токсическое действие. Металлический хром малоядовит, но, образуя растворимые хроматы и бихроматы, может оказывать канцерогенное действие. Соединения хрома характеризуются различной ядовитостью в зависимости

от валентности металла: трехвалентные соединения менее токсичны; шестивалентные соединения значительно ядовитее трехвалентных – они обладают и местным, и выраженным общетоксическим действием; шестивалентный хром проникает в красные кровяные тельца. В организме возможен переход трехвалентного хрома в шестивалентный. Может возникнуть аллергия к шестивалентному хрому. Возможны острые и хронические поражения органов дыхания, кожи, слизистых оболочек глаз; заболевания полости рта. Хромовая кислота и ее соли раздражают и прижигают различные слизистые оболочки и кожу, вызывая изъязвления; при вдыхании аэрозолей этих соединений происходит прободение хрящевой части носовой перегородки, воспаление придатков полости носа, слизистой гортани; оказывают общетоксическое действие главным образом на желудочно-кишечный тракт. Могут возникнуть желтуха, заболевания дыхательных путей, бронхиальная астма, рак легких; на поврежденной коже при контакте возникают дерматиты, изъязвления, язвы. Возможны язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки, тяжелое поражение почек.

Хроматы и бихроматы калия, натрия, алюминия вызывают ожоги кожи; в местах ссадин, царапин возникают дерматиты, язвы, экзема.

Цинк Zn. Ат. м. 65,39; т. пл. 419,58 °С; т. кип. 906,2 °С; плотн. 7,13 г/см³.

ПДК для оксида цинка составляет 0,5 мг/м³.

Токсическое действие. Малотоксичен. При нагревании цинка выделяется газообразный оксид цинка, который является токсичным. Вдыхание дыма оксида цинка вызывает «литейную лихорадку»; пыль может вызвать гнойничковую экзему. Хлористые соединения цинка вызывают повреждение легких, изъязвления пальцев рук и предплечий. Растворимые соли цинка вызывают расстройство пищеварения, раздражение слизистых оболочек носоглотки и дыхательного тракта. Могут возникать синюха, нервные расстройства, изъязвления носовой перегородки, экзематозный дерматит, катар верхних дыхательных путей и пищеварительных органов, изменения в крови. Пыль цинка и оксида цинка вызывает изменения в верхних дыхательных путях и бронхах. Хлористый и серноокислый цинк обладают раздражающим и прижигающим действием.

1.2.4 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

Основные требования к воздуху рабочей зоны представлены в ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны», ГОСТ 12.1.016-79 ССБТ «Воздух рабочей зоны. Требования к методикам измерения концентрации вредных веществ» и ГОСТ 12.1.014-84 ССБТ «Воздух рабочей зоны. Метод измерения концентраций вредных веществ индикаторными трубками».

Предельно допустимое содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно-допустимых концентраций (табл. А.1, прилож. А). Это требование должно быть соблюдено при проектировании производственных зданий, технологических процессов, оборудования, вентиляции, при организации контроля за качеством производственной среды и при обеспечении профилактики неблагоприятного воздействия химических веществ на здоровье работающих.

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны подлежит систематическому контролю для предупреждения возможности превышения ПДК – **максимально разовых рабочей зоны и среднесменных рабочей зоны.**

Предельно допустимая концентрация максимально разовая рабочей зоны – разовая (кратковременная) концентрация вредных веществ, наиболее высокая из числа концентраций, зарегистрированных в данной точке за 30-минутный период наблюдения. Устанавливается для предупреждения рефлекторных реакций у человека, связанных с раздражением слизистых оболочек глаз, носа, верхних дыхательных путей, (слезотечение, чихание, кашель, астматические реакции) при кратковременном воздействии (до 20 мин).

Предельно допустимая концентрация среднесменная рабочей зоны – устанавливается для предупреждения общетоксического, мутагенного, канцерогенного и других влияний на человека. Это средняя концентрация из числа, концентраций, выявленных в течение смены или регистрируемая непрерывно в течение рабочей смены [1].

При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны нескольких вредных веществ одинаправленного действия сумма отношений фактических концентраций каждого из них (C_1, C_2, \dots, C_n) в воздухе к их ПДК (ПДК₁, ПДК₂, ..., ПДК_n) не должна превышать единицы

$$C_1/\text{ПДК}_1 + C_2/\text{ПДК}_2 + C_n/\text{ПДК}_n \leq 1 \quad (1.1)$$

Односторонним действием обладают, например: 1) NO₂ и SO₂; 2) NO₂ и CO; 3) SO₂ и H₂S; 4) спирты; 5) формальдегид и гексан; 6) ацетон и фенол; 7) пары кислот; 8) пары щелочей

При отсутствии одностороннего действия вредностей расчет ведется по той вредности, разбавление которой до ПДК требует наибольшего количества воздуха.

Контроль за содержанием вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Отбор газов должен проводиться в зоне дыхания при характерных производственных условиях. Для каждого производственного участка должны быть определены вещества, которые могут выделяться в воздух рабочей зоны. При наличии в воздухе нескольких вредных веществ контроль воздушной среды допускается проводить по наиболее опасным и характерным веществам, устанавливаемым органами государственного санитарного надзора.

Требования к контролю за соблюдением максимально разовой ПДК.

Контроль содержания вредных веществ в воздухе проводится на наиболее характерных рабочих местах. Содержание вредного вещества в данной конкретной точке характеризуется следующим суммарным временем отбора: для токсичных веществ – 15 мин, для веществ фиброгенного действия – 30 мин. Полученные результаты сравнивают с величинами ПДК максимально разовой для рабочей зоны.

В течение смены и на отдельных этапах технологического процесса в одной точке должно быть последовательно отобрано не менее трех проб.

При возможном поступлении в воздух рабочей зоны вредных веществ с остронаправленным механизмом действия должен быть обеспечен непрерывный контроль с сигнализацией о превышении ПДК.

Периодичность контроля, за исключением веществ с остронаправленным действием, устанавливается в зависимости от класса опасности вредного вещества: для 1 класса – не реже 1 раза в 10 дней, 2 класса – не реже 1 раза в месяц, 3 и 4 классов – не реже 1 раза в квартал [1].

Требования к контролю за соблюдением среднесменных ПДК. Среднесменные концентрации определяют для веществ, для которых установлен норматив – ПДК среднесменная рабочей зоны. Измерения проводят приборами индивидуального контроля или по результатам отдельных измерений. В последнем случае ее рассчитывают как величину, средневзвешенную во времени, с учетом пребывания работающего на всех (в том числе и вне контакта с контролируемым веществом) стадиях и операциях технологического процесса. Обследование осуществляется на протяжении не менее чем 75 % продолжительности смены в течение не менее 3 смен. Расчет проводится по формуле

$$C_{cc} = \frac{K_1 t_1 + K_2 t_2 + \dots + K_n t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}, \quad (1.2)$$

где C_{cc} – среднесменная концентрация мг/м³;

C_1, C_2, \dots, C_n – среднее арифметические величины отдельных измерений концентраций вредного вещества на отдельных стадиях технологического процесса, мг/м³;

t_1, t_2, \dots, t_n – продолжительность отдельных стадий технологического процесса, мин.

Периодичность контроля за соблюдением среднесменной ПДК должна быть не реже кратности проведения периодических медицинских осмотров, установленных Министерством здравоохранения [1].

1.2.5 Вредные вещества в литейном производстве и их действие на организм человека

При производстве 1 т отливок из стали и чугуна выделяется около 50 кг пыли, 250 кг оксида углерода, 1,5...2 кг оксида серы и 1 кг углеводов.

Пыль. Выделение пыли в основном связано с операциями смесеприготовления и выбивки отливок (табл. Б.1, прилож. Б). Пыль литейных цехов характеризуется высоким содержанием диоксида кремния (до 50%) и мелкодисперсностью. Более 90% пылевых частиц имеют размеры менее 2 мкм. Исходя из этих двух показателей, ПДК пыли в воздухе рабочей зоны литейных цехов, как правило, устанавливают равной 2...4 мг/м³ в зависимости от процентного содержания диоксида кремния в пыли (табл. 1.3) [1].

Таблица 1.3 – ПДК диоксида кремния в воздухе рабочей зоны

Содержание SiO ₂ в пыли, %	ПДК, мг/м ³
Свыше 70	1
10...70	2
Не более 10	4

Работа в производственных помещениях с высокими концентрациями кварцесодержащей пыли приводит к возникновению профессиональных заболеваний пылевой этиологии (бронхит, силикоз, пневмокониоз).

Газы, пары, аэрозоли. Наряду с сыпучими материалами, являющимися источником образования пыли, в литейном производстве находят применение органические и неорганические соединения (связующие, катализаторы, добавки и т.д.), которые также могут служить источником образования и выделения в окружающую среду вредных веществ в виде газов, паров и аэрозолей, отходов.

При работе с органическими связующими в процессе сушки стержней и заливки форм металлом происходит значительное выделение токсичных паров и газов. В таблице Б.2 приложения Б приведены основные вредные вещества, выделяющиеся при изготовлении отливок, содержание которых в воздухе рабочих помещений может превышать ПДК или которые при малых концентрациях в воздухе имеют однонаправленное действие на организм человека.

Указанные вещества характерны для группы связующих. Для отдельной марки связующего с учетом вводимых катализаторов этот перечень может быть несколько уже. Например, для связующего КФ-65С характерно выделение фурфуролового спирта, для ЛСТ – ацетона, применение в качестве катализатора ортофосфорной кислоты ведет к выделению соединений фосфора и т.п. [1].

Для смол фенолофуранового и фенолоформальдегидного классов характерно выделение (как на формовке, так и на заливке) свободных фенола и формальдегида. При использовании в смесях с этими смолами серосодержащих кислотных отвердителей (ароматических сульфокислот) возможно выделение

диоксида серы и сероводорода. Для смесей, отверждаемых продувкой аминами, характерно выделение аминов, аммиака, бензола, толуола и ксилола. Для всех смесей на органических связующих на заливке металла характерно выделение монооксида углерода (СО).

В таблице Б.3 приложения Б дана краткая токсикологическая характеристика вредных веществ и их ПДК.

При плавке легированных сталей и цветных металлов в воздух рабочей зоны могут выделяться аэрозоли конденсации окислов марганца, цинка, ванадия, никеля и многих других металлов и их соединений.

Окись углерода. Окись углерода является основным вредным производственным фактором в чугуно- и сталелитейных цехах. Источники выделения окиси углерода – вагранки и другие плавильные агрегаты, а также залитые формы в процессе остывания, сушильные печи, агрегаты поверхностной подсушки форм и др. Например, концентрация окиси углерода в колошниковых газах вагранок достигает 15%. Количество окиси углерода, выделяющейся при заливке чугуна и стали, зависит от времени пребывания отливки в цехе и массы отливок (при заливке чугуна в формы для получения отливок массой 10-200 кг выделяется 40-500 г СО на 1 т залитого металла).

Двуокись углерода. Двуокись углерода (углекислый газ), применяемый для химической сушки (твердения) песчано-глинистых форм, не токсичен, однако при большом количестве его в воздухе рабочей зоны содержание кислорода уменьшается, что может вызвать тягостное ощущение и даже явление удушья (асфиксию).

1.2.6 Канцерогенные вещества в литейном производстве

Канцерогенные вещества – это вещества, вызывающие раковые заболевания различных органов.

Установлено, что высокой опасности заболевания раком подвержены рабочие чугунолитейных цехов.

В литейном производстве возможно образование в основном 3-х следующих групп канцерогенных веществ [1]:

- бензол C_6H_6 . Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ);
- нитрозамины и нитрозамиды (нитраты, нитриды, оксиды азота, амины);
- неорганические вещества, металлы и их оксиды (Cr (IV), Mn, Ni).

В первую и вторую группы входят органические вещества, содержащие С, О, Н, N.

Бензол и ПАУ образуются при пиролизе органических материалов, содержащих С и Н. При этом материал может нагреваться в интервале температур 500...2000 °С при недостатке кислорода или неполном сгорании.

Наиболее вредным канцерогенным веществом этой группы, по которому осуществляют нормирование канцерогенов в окружающей среде, является бензопирен (БП) $C_{20}H_{12}$. Максимально разовая ПДК_{БП} составляет $15 \cdot 10^{-5}$ мг/м³.

Из ПАУ бензопирен – наиболее химически стойкое вещество, хорошо растворяется в воде. Однако эффективность очистки от него существующими методами низкая и составляет 72...82%, поэтому бензопирен распространяется на большие расстояния от источника загрязнения и накапливается в донных отложениях, планктоне, водорослях, водных организмах.

Растворимость бензопирена в воде составляет 0,01...0,1 мг/л, в присутствии ПАВ она увеличивается в 2-10 раз.

Расчет допустимого уровня бензопирена в воде проводят по формуле

$$D_{\text{БП}} = \frac{a m_{\text{ч}}}{m_{\text{ж}} V_{\text{в}} T K_{\text{з}}} \quad (1.3)$$

где $D_{\text{БП}}$ – допустимая концентрация бензопирена в воде, мг/л;

a – безопасная концентрация бензопирена, полученная экспериментальным путем, мг/л;

$m_{\text{ч}}$, $m_{\text{ж}}$ – средняя масса человека и экспериментального животного соответственно, кг;

$V_{\text{в}}$ – объем воды, потребляемый человеком в течение года (~ 800 л);

T – средняя продолжительность жизни человека (70 лет);

$K_{\text{з}}$ – коэффициент запаса.

Норматив по бензопирену в воде питьевой и культурно-бытового водопользования составляет 0,005 мг/л.

Сложным является нормирование бензопирена в почве, т.к. способность накапливаться и проникать зависит от типа почвы. Ориентировочная концентрация бензопирена в почве составляет 10...20 мг/кг почвы.

Исследования по попаданию бензопирена в организм человек показали, что оно происходит, главным образом, с продуктами питания и составляет за весь период жизни несколько десятков миллиграмм.

Источниками бензопирена в литейном производстве являются: органические связующие (табл. 1.4), индустриальные масла [1].

Таблица 1.4 – Выделение бензопирена при пиролизе литейных связующих

Связующее	Марка	Количество бензопирена, 10^{-5} мг/м ³
Смола	СФ-015	0,39
	КФ-90	25,0
Кубовые остатки	КО	104

Наиболее опасными по бензопирену являются промышленные масла, которые применяют:

- в системах гидравлики плавильных печей (гидроцилиндры индукционных печей (скапливается под печами и при выпуске горит);
- при изготовлении формовочных смесей (в качестве добавки);
- при механической обработке (добавляется в смазочно-охлаждающую жидкость).

Анализ содержания бензопирена в воздухе рабочей зоны в литейном цехе приведен в таблице 1.5 [1].

Неорганические вещества, являющиеся канцерогенными, такие как Cr (IV), Mn, Ni, могут выделяться при плавке легированных сталей, металлообработке.

Таблица 1.5 – Содержание бензопирена в воздухе рабочей зоны в литейном цехе

Отделение литейного цеха	Содержание бензопирена, 10^{-5} мг/м ³
Плавильное: плавка в вагранках	1,4
индукционная печь: плавка с использованием стружки	43
обычная плавка	6
дуговая печь	6
заливка форм	10...12
Выбивное: выбивка отливок: без стержней	2...5
со стержнями	40...160
Стержневое: по горячим ящикам	1...5
связующее КО	60
Смесеприготовительное	3

1.2.7 Основные источники пыли и газозадушных выбросов в литейном производстве

В современных чугунолитейных цехах в качестве плавильных агрегатов применяют водоохлаждаемые вагранки закрытого типа, индукционные тигельные печи повышенной и промышленной частоты, дуговые печи типа ДЧМ, а в современных сталеплавильных – дуговые и индукционные печи с основной

и кислой футеровкой, установки электрошлакового переплава, вакуумные печи различных конструкций и т.д. В таблице 1.6 приведены усредненные данные о вредных веществах, выделяющихся при плавке металла [1].

Выбросы загрязняющих веществ при плавке металла зависят от двух составляющих:

- состава шихты и степени ее загрязнения;
- от выбросов самих плавильных агрегатов в зависимости от используемых видов энергии (газ, кокс, и т.п.) и технологии плавки.

Таблица 1.6 – Выделение вредных веществ и уровни шума при плавке металла в плавильных агрегатах

Параметр	Водоохлаждаемые вагранки закрытого типа	Индукционные тигельные печи		Дуговые печи
		повышенной частоты	промышленной частоты	
Содержание пыли в отходящих газах, кг/т	10...18	0,3	0,3	5...10
Газообразование, м ³ /т	1000	4	5	120
Уровень шума, дБА	80 (постоянно)	30 (при загрузке шихты)	50 (при загрузке шихты)	90 (при плавлении)

Вредные выбросы при выплавке металлов и сплавов

Выплавка металлов в вагранках. При выплавке металла в вагранках количество и состав отходящих газов, их запыленность predetermined типом вагранок, которые различаются типом дутья, видом используемого топлива, конструкцией горна, шахты, колошника.

В среднем при работе вагранок на каждую тонну чугуна приходится 1000 м³ выбрасываемых в атмосферу газов, содержащих 5...20 % окиси углерода; 5...17 % углекислого газа; до 2 % кислорода; до 1,7 % водорода; до 0,5 % сернистого ангидрида; 70...80 % азота [1]. Количество пыли, попадающей в воздух, из расчета на каждую тонну чугуна составляет 3...20 г/м³ (табл. В.1 – В.3 прилож. В).

Значительно меньше количество выбросов из вагранок закрытого типа. Так, в дымовых газах отсутствует окись углерода, а к.п.д. очистки от взвешенных частиц достигает 98...99 %.

Химический состав ваграночной пыли различен и зависит от состава металлозавалки, шихты, состояния футеровки, вида топлива, условий работы вагранки.

Выплавка металлов в электродуговых печах. Сравнительно большой выход технологических газов наблюдается при плавке стали в электродуговых печах. В данном случае состав газов зависит от периода плавки, марки выплавляемой стали, герметичности печи, способа удаления газов и наличия кислородной продувки. При плавке углеродистых сталей газы на уровне выступа рабочего окна содержат (по объему) 0,05...0,22 % окиси углерода, 0,8...6 % углекислого газа, 15...20 % кислорода, до 0,01 % водорода, до 0,07 % окислов азота и до 0,005 % оксидов серы. В среднем за плавку выделяется 10...20 кг пыли на каждую тонну жидкой стали, но интенсивность ее выделения меняется по периодам плавки. Во время плавления шихты, окисления примесей и в восстановительный период выносятся соответственно 0,15...0,6; 2,3...3,6 и 0,3...1,3 кг/ч пыли на 1 т стали. Примерный химический состав пыли, %: Fe_2O_3 – 56,8; Mn_2O_3 – 10; Al_2O_3 – 5; SiO_2 – 6,9; CaO – 6,9; MgO – 5,8; остальное – хлориды, оксиды хрома и фосфора. Размер частиц пыли 0...20 мкм, однако основную ее массу (около 75 %) составляют частицы 0...4 мкм. Количество выбрасываемых газов и пыли в зависимости от вместимости печи приведено в таблице Г.1 – Г.3 приложения Г.

Выплавка металла в индукционных печах. При плавке в индукционных печах основной составляющей пыли являются окислы железа, остальное – окислы кремния, магния, цинка, алюминия в различном соотношении в зависимости от химического состава металла и шлака. Выделяемые при плавке чугуна в индукционных печах частицы пыли имеют дисперсность от 5 до 100 мкм. Количество газов и пыли в 5...6 раз меньше, чем при плавке в электродуговых печах (табл. 1.6; табл. Д.1, прилож. Д).

Вредные выбросы при выполнении основных технологических процессов в литейных цехах

Выбросы при выпуске чугуна. При выпуске чугуна из вагранки в заливочные ковши выделяется 20 г/т графитовой пыли и 130 г/т окиси углерода; из других плавильных агрегатов вынос пыли менее значителен.

Выбросы при заливке форм. При заливке форм в атмосферу цеха попадают водяные пары, водород и повышенное количество окиси углерода, образующейся в результате реакции горения органических примесей. Также при литье под действием теплоты жидкого металла из формовочных смесей выделяются бензол, фенол, формальдегид и другие токсичнее веществ. Их количество зависит от состава формовочных смесей, массы и способа получения отливки и других факторов.

При разливе чугуна в формы выделение окиси углерода в атмосферу цеха зависит от массы отливок (табл. Е.1, прилож. Е). В состав выделяющихся газов входит более 50 % водорода, 30...35 % окиси углерода и некоторое количество (около 10 %) двуокиси углерода, сероводород, сернистый ангидрид, предельные углеводороды, непредельные углеводороды, азот и кислород.

В таблице Е.2 приложения Е даны приведенные (в пересчете на оксид углерода) удельные газовыделения при заливке и охлаждении форм и стержней с использованием холоднотвердеющих смесей.

Наиболее интенсивно окись углерода выделяется на начальной стадии застывания отливки (около 70 %). Окись углерода, ПДК которой равна 20 мг/м³, относится к наиболее вредным компонентам газа, выделяющегося из литейных форм после заливки в них металла. Фактическое содержание СО в таком газе в зависимости от состава смесей изменяется в пределах 8...35 % по объему, т.е. превышает ПДК в (6...20)·10³ раз. Содержание других компонентов (фенола, формальдегида, аммиака и т.п.) также в 10...1000 раз выше соответствующих ПДК [3].

Процесс газообразования в разовой форме описывается формулами

$$Q = aS\sqrt{t}, \quad (1.4)$$

$$\omega = aS/(2\sqrt{t}), \quad (1.5)$$

где Q – количество образующихся газов, м³;

S – поверхность контакта металла с формой и стержнями, м²;

t – время от момента заливки металла до кристаллизации отливки, с;

ω – скорость газовой выделения форм, м³/с.

Приведенный коэффициент газообразования

$$a = \frac{a_{\text{ф}}S_{\text{ф}} + a_{\text{ст}}S_{\text{ст}}}{S_{\text{ф}} + S_{\text{ст}}}, \quad (1.6)$$

где $a_{\text{ф}}$, $a_{\text{ст}}$ – коэффициенты газообразования формовочной и стержневой смесей, C^{0,5};

$S_{\text{ф}}$, $S_{\text{ст}}$ – поверхности контакта металла с формой и со стержнями, м².

Выбросы при изготовлении форм и стержней. Для форм и стержней в литейных цехах широко применяются песчаные самотвердеющие смеси: химически твердеющие (СО₂-процесс), пластичные самотвердеющие (ПСС), холоднотвердеющие (ХТС), быстрохолоднотвердеющие (БХТС), горячетвердеющие (ГТС), наливные самотвердеющие (НСС).

Для отверждения НСС используют соединения шестивалентного хрома (в частности, триоксид хрома, водный раствор которого представляет собой сильную хромовую кислоту). Триоксид хрома при температуре плавления (197°С) начинает диссоциировать и с повышением температуры его диссоциация резко возрастает. Соединения шестивалентного хрома очень вредны, поэтому их ПДК_{р.з} составляет 0,01 мг/м³.

Изготовление форм и стержней, связанное с продувкой углекислым газом, применением различных катализаторов и связующих на основе синтетических смол, вызывает дополнительные газовой выделения. Помимо окиси углерода и углекислого газа в атмосферу выносятся токсичные парогазовые смеси, включающие формальдегид, фуриловый и метиловый спирт, аммиак, серную кислоту и т.п. [1].

Степень загрязнения воздушной атмосферы токсичными веществами на некоторых участках литейных цехов, где для приготовления ХТС используется смола СФ-3042–2,5 и бензолсульфоокислота, приведена в таблице 1.7 [2].

Таблица 1.7 – Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м³

Вещество	ПДК, мг/м ³	Рабочая зона				
		оператора стержневой линии	стерженщика	у залитой металлической формы	в 3 м от залитой металлоформы	в кабине крановщика заливочного участка
Фенол	0,3	1/0,8	2,7/0,7	1,3	0/0,1	0,1/0
Формальдегид	0,5	0,3/0,2	0,9/0,2	не обнаружен		
Метиловый спирт	5,0	1,2/0,8	2,1/0,8	0,5/0,3	0,3/0,2	0,3/0
Бензол	5,0	–	–	7/30,8	1,1/2,6	0/10,2
Окись углерода	20	–	–	66/54,5	4/12	10,5/6,3

Примечание. В числителе даны значения для теплого периода года, в знаменателе – для холодного периода.

Интенсивность выделения вредных веществ (приведено к формальдегиду) при изготовлении стержней из холоднотвердеющей смеси в зависимости от связующего вещества (газовыделение отнесено к 1 дм² площади поверхности стержня) представлено в таблице Ж.1 – Ж.3 приложения Ж.

Основная доля газовыделения приходится на первые 20...30 мин отверждения, а максимальная скорость наблюдается, как правило, в момент окончания перемешивания смеси и начала отверждения. Следовательно, устройства местной вытяжной вентиляции должны в первую очередь обеспечивать удаление вредностей из рабочей зоны, где идет засыпка ящиков смесью и первичное отверждение стержней и форм (около 30 мин) [1].

Для сравнительной гигиенической оценки смесей с различными связующими используется интегральный показатель, учитывающий состав газов и ПДК каждого из его составляющих. С этой целью скорости выделения отдельных компонентов v_i приведены к скорости выделения формальдегида

$$v_i^{\text{ф}} = v_i \frac{\text{ПДК}_{\text{ф}}}{\text{ПДК}_i}, \quad (1.7)$$

где v_i – скорость выделения i -го компонента в пересчете на формальдегид. Тогда полная скорость газовыделения составляет

$$v = \sum_{i=1}^{i=n} v_i^{\phi}. \quad (1.8)$$

По данным таблицы 1.8 можно рассчитать v .

Таблица 1.8 – Скорость газовыделений при отверждении ХТС, мг/(кг·мин)

Вещество	Марка связующего			
	РСФ-3010	ФФ-1Ф	БС-40	УКС с фурфуроловым спиртом
Формальдегид	0,082/0,023	0,085/0,013	0,110/0,038	0,055/0,014
Метанол	0,190/0,076	0,360/0,110	2,900/0,980	6,700/2,500
Фенол	0,016/0,012	0,012/0,011	–	–
Фурфурол	–	0,022/0,010	0,012/0,004	0,031/0,008
Ацетон	6,900/2,420	–	–	–

Примечание. В числителе приведена максимальная скорость, в знаменателе – средняя скорость.

Газовыделения, рассчитанные по уравнениям 1.7 и 1.8, являются необходимыми исходными данными для проектирования вентиляции на стержневых и формовочных участках при применении ХТС с синтетическими смолами.

Газовыделение:

при заполнении ящиков смесью

$$Q_1 = q_1^{\phi} \rho \tau_1, \quad (1.9)$$

где q_1^{ϕ} – приведенное удельное газовыделение при заполнении ящиков смесью, мг/(кг·ч);

ρ – производительность смесителя, кг/ч;

τ_1 – время заполнения ящиков, ч;

при отверждении

$$Q_2 = q_2^{\phi} S \tau_2, \quad (1.10)$$

где q_2^{ϕ} – приведенное удельное газовыделение при отверждении, мг/(дм²·ч);

S – площадь открытой поверхности стержней (форм), находящихся одновременно в зоне отверждения, дм²;

τ_2 – время отверждения, ч.

$$S = 1,18\sqrt[3]{\rho_1^2}, \quad (1.11)$$

где ρ_1 – периметр открытой поверхности стержней (форм), находящихся одновременно в зоне отверждения.

Исходные данные для расчетов, полученные экспериментальным путем, приведены в таблице Ж.2 приложения Ж.

При изготовлении форм и стержней с тепловой сушкой и в нагреваемой оснастке загрязнение воздушной среды токсичными компонентами возможно на всех стадиях технологического процесса: при изготовлении смесей, отверждении стержней и форм и охлаждении стержней после извлечения из оснастки. Для предотвращения этого сушильные агрегаты, машины для изготовления стержней и форм, рабочие зоны, где они охлаждаются и обрабатываются, необходимо оборудовать местной вытяжной вентиляцией. Максимальное газовыделение приходится на первые 15 мин после начала отверждения. Используется метод расчета и оценки условной токсичности смесей, которая определяется по уравнению

$$T = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{v_i}{\text{ПДК}}, \quad (1.12)$$

где v_i^* – удельное количество вредного вещества за определенный промежуток времени, мг/кг.

Газовыделение и условная токсичность смесей, отверждаемых тепловой сушкой, представлены в таблице Ж.3 приложения Ж.

Приведенные в таблице Ж.3 приложения Ж данные позволяют всесторонне охарактеризовать токсичность различных смесей и пересчитать газовыделение Q , мг/ч для проектирования вентиляции в цехах по следующему уравнению

$$Q = v_i m P_0, \quad (1.13)$$

где m – масса стержня, кг;

P_0 – производительность стержневого оборудования, стержней/ч.

Смеси необходимо оценивать по составу и количеству выделяющихся вредных веществ с учетом их ПДК, а борьба с ними должна вестись не только средствами вентиляции, но путем совершенствования технологического процесса, например, снижения расхода связующего.

Выбросы при сушке форм и стержней. При сушке форм и стержней в сушиле выделяется, главным образом, окись углерода и сернистый газ (табл. К.1, прилож. К). Их количество зависит от вида сжигаемого топлива. Твердое топливо дает 200...250 г/кг окиси углерода и 15...20 г/кг сернистого газа, жидкое дает соответственно 30...50 г/кг и 40...60 г/кг. Наименьшие выделения наблюдаются при сжигании природного газа – всего 0,75 г/кг СО.

Выбросы при выполнении смесеприготовительных работ. В смесеприготовительных отделениях литейных цехов источниками пыли являются смесители. Выделяющаяся пыль насыщена парами сульфитного щелока, различных углеводородов и других органических примесей. Например, в цехе оболочкового литья с годовой программой 15 тыс. т от установки по приготовлению плакированной смеси воздушная среда загрязняется кварцевой пылью, превышающей ПДК в 4 раза. Так, количество отсасываемого воздуха от бегунов с горизонтальными и вертикальными катками достигает 3 тыс. м³/ч (при содержании пыли 7, 5 г/м³), от центробежных маятниковых бегунов – 15 тыс. м³/ч (40 г/м³), дисперсный состав пыли приведен в таблице Л.1 приложения Л.

Выбросы при операциях выбивки отливок. Операция выбивки отливок из опок – одна из наиболее вредных в литейном производстве. Она сопровождается значительным выделением пыли, газов, различных паров и высоким уровнем шума. Запыленность воздуха над выбивной решеткой при подвесных вытяжных зонтах составляет 2...7 кг/м³, а при боковых зонтах – 1,2...2,5 кг/м³. Объем воздуха, отсасываемого с 1 м² площади решетки, колеблется в пределах 6...10 тыс. м³/ч, дисперсный состав пыли, выделяющейся от выбивных решеток различных конструкций приведен в таблице М.1 приложения М.

От участков выбивки отливок на 1 м² площади решетки выделяется до 45...60 кг/ч пыли, 5...6 кг/ч оксида углерода, до 3 кг/ч аммиака.

Выбросы при операциях обрубки и очистки литья. Большое количество пыли образуется в отделении обрубки и очистки литья. При обрубке концентрация ее в воздухе достигает 6...8 г/м³, а в непосредственной близости от обрабатываемых отливок – 20 г/м³. Дисперсный состав пыли представлен в таблице 1.9 [3].

Таблица 1.9 – Дисперсный состав пыли, образующейся при обрубке

Параметр	Состав пыли			
	до 2	2...5	5...10	более 10
Диаметр частиц, мкм	до 2	2...5	5...10	более 10
Содержание фракций, %	90...32	4,9...5,2	2,7...1,8	2,4...1,0

Концентрация пыли в воздухе рабочей зоны и удельные выбросы пыли при различных способах очистки отливок приведены в таблице Н.1 приложения Н.

Повышенными вредными выделениями отличаются также следующие участки литейных цехов: **подготовки шихтовых материалов** (запыленность воздуха достигает 5...15 г/м³), **термической обработки, грунтовки и окраски отливок**.

Вентиляционный воздух, выбрасываемый от участков термической обработки, обычно загрязнен парами и продуктами горения масла, аммиаком, циановодородом и другими веществами, поступающими в систему местной вытяжной вентиляции от ванн и агрегатов для термической обработки. Источниками загрязнений на участках термической обработки являются нагревательные печи, работающие на жидком и газообразном топливе, а также дробеструйные и дробеметные камеры.

Для определения массы выделений вредных веществ от пламенных нагревательных печей целесообразно пользоваться удельными показателями по выбросам, приведенным к единице массы (т) или объема (м³) сжигаемого топлива (табл. 1.10) [3].

Таблица 1.10 – Вредные вещества, выделяющиеся в атмосферу от пламенных нагревательных печей

Вид топлива	Вещества, содержащиеся в газовоздушных выбросах при использовании жидкого топлива, кг/т, и при использовании газообразного топлива, кг/тыс. м ³				
	Пыль	Оксиды азота	Диоксид серы	Оксид углерода	Углеводороды
Мазут	1,2	12,4	19	$4,8 \cdot 10^{-3}$	0,38
Природный газ	$2,4 \cdot 10^{-3}$	6,24	–	Следы	Следы

Концентрация пыли в воздухе, удаляемом из дробеструйных и дробеметных камер, где металл очищается после термической обработки, достигает 2...7 г/м³. При закалке и отпуске деталей в масляных ваннах в отводимом от ванн воздухе содержится до 1% паров масла от массы металла. При цианировании выделяется до 6 г/ч циановодорода на один агрегат цианирования.

На участках окраски токсичные вещества выделяются при обезжиривании поверхностей органическими растворителями перед окраской, подготовке лакокрасочных материалов, нанесении их на поверхность изделий и сушке покрытия. Воздух, удаляемый вентиляционными отсосами от окрасочных камер, напольных решеток, сушильных установок и других устройств, всегда загрязнен парами растворителей, а при окраске распылением, кроме того, окрасочным аэрозолем. При окраске изделий порошковыми полимерными материалами в вентиляционном воздухе содержится пыль.

Концентрация вредных веществ в вентиляционных выбросах, удаляемых от мест окраски, зависит от состава и расхода лакокрасочных материалов, способа их нанесения на окрашиваемую поверхность, устройства вентиляции, окрасочного оборудования, метода окрашивания. В вентиляционных выбросах участков окраски могут содержаться окрасочный аэрозоль (до 1 мг/м³) и пары растворителей (до 10 г/м³).

Масса паров растворителей, выбрасываемых в атмосферу от окрасочного и сушильного оборудования [4], может быть определена по формуле

$$m = m_1 k_1 k_2 k_3 (1 - \eta_p), \quad (1.14)$$

где m_1 – расход лакокрасочных материалов, г/ч;

k_1 – доля растворителей в лакокрасочных материалах (при покрытии лаком в лакокрасочных машинах k_1 равен 0,6 и 0,8 соответственно для металлических и деревянных изделий);

k_2 – коэффициент, учитывающий количество выделяющегося растворителя из лакокрасочного материала за время окраски и сушки (для камер окраски распылением $k_2 = 0,3$, для сушильных установок $0,7$);

k_3 – коэффициент, учитывающий поступление паров растворителей в рабочую зону (обычно $2...3\%$);

η_p – эффективность улавливания паров растворителей в системе очистки вентиляционных выбросов (для гидрофильтров $0,3...0,35$).

Масса выбросов аэрозолей от окрасочного оборудования с вентиляционным воздухом в атмосферу рассчитывается по формуле

$$m = m_1 k_4 k_5 (1 - \eta_p), \quad (1.15)$$

где k_4 – доля лакокрасочных материалов, расходуемых на образование окрасочного аэрозоля (зависит от способа распыления краски);

k_5 – коэффициент, учитывающий поступление окрасочного аэрозоля в рабочую зону; $k_5 = k_3$;

η_p – эффективность улавливания окрасочного аэрозоля гидрофильтрами, обычно $0,92...0,98$.

Значения k_1 и k_4 для различных способов окраски металлических изделий приведено в таблице 1.11 [4].

Таблица 1.11 – Значения коэффициентов k_1 и k_4 для различных способов окраски металлических изделий

Способ окраски	k_1	k_4
Распыление:		
пневматическое	0,40	0,30
безвоздушное	0,22	0,25
Электроосаждение	0,10	–
Окунание	0,35	–
Струйный облив	0,25	–

1.3 Физические опасные и вредные производственные факторы

1.3.1 Теплота

Избыточное выделение тепла осуществляется основным технологическим оборудованием – плавильными агрегатами и составляет от 14 до 62 % от общего расхода тепла на расплавление металла, так при расплавке металла выделяется около 3000 МДж тепла на тонну металла.

Действие избыточной теплоты на организм человека. Интенсивность теплового потока на ряде рабочих мест достигает высоких значений. Известно,

что интенсивность теплового потока менее $0,7 \text{ кВт/м}^2$ не вызывает неприятного ощущения, если действует в течение нескольких минут, а свыше $3,5 \text{ кВт/м}^2$ уже через 2 сек вызывает жжение. Кроме того, воздействие теплового потока на организм человека зависит от спектральной характеристики излучения. Наибольшей проникающей способностью в организме обладают инфракрасные лучи с длиной волны до 1,5 мкм (не поглощаются кожным покровом), а на кожу наиболее резко действуют лучи с длиной волны свыше 1,5 до 3 мкм.

Количество теплоты, выделяющейся на различных участках литейных цехов, представлено в таблице 1.12 [2]. Оптимальные и допустимые нормы параметров микроклимата в производственных помещениях представлены в ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» и ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату».

Мероприятия по защите от тепловых излучений. При разработке мер, направленных на нормализацию тепловых излучений на рабочих местах необходимо:

- привести справочные данные или рассчитать интенсивность теплового потока на рабочих местах, которые расположены близ источников тепловых излучений;
- сравнить полученные результаты с гигиеничными требованиями относительно теплового излучения на рабочих местах;
- разработать мероприятия, направленные на уменьшение интенсивности теплового потока технологическими путями или с использованием вентиляции;
- рассчитать, при необходимости, теплозащитный экран для наиболее интенсивного источника излучения.

Таблица 1.12 – Количество теплоты, выделяемой на различных участках конвейерных литейных цехов, МДж на 1 т заливаемого металла

Источник выделения теплоты	При подаче с выбивки на очистку горячих отливок		При остывании на участке выбивки отливок	
	мелких	средних	мелких	средних
Участок заливки	84	126	84	126
Охладительный кожух	63	63	63	63
Участок выбивки	63	84	126	168
Участок очистки отливок	105	147	42	63
Горелая смесь	105	147	105	147

Данные по интенсивности теплового потока на рабочих местах в литейных цехах приведенные в литературе [2]. Интенсивность для случаев, которые не отражены в литературе, можно рассчитать по формулам:

$$q = 3,26 \cdot F \left[\left(\frac{T}{100} \right)^4 - 110 \right] \frac{1}{l^2} \quad \text{при } \frac{1}{F} \geq 1, \quad (1.16)$$

$$q = 3,26 \cdot \sqrt{F} \left[\left(\frac{T}{100} \right)^4 - 110 \right] \frac{1}{l} \quad \text{при } \frac{1}{F} < 1, \quad (1.17)$$

где q – интенсивность теплового потока, Вт/м²;

F – площадь поверхности, которая излучает, м²;

T – температура поверхности, которая излучает, К;

l – расстояние от центра поверхности, которая излучает, к объекту, который подлeжит облучению, г.

Гигиеничные требования к тепловому излучению на рабочих местах зависят от:

- стажа работы в цехе;
- времени влияния теплового потока;
- температуры источника тепла;
- температуры воздуха на рабочем месте.

1.3.2 Шум в литейных цехах

Технологии производства получения отливок предполагают использование крупных и сложных технологических комплексов, работа которых сопровождается интенсивным шумом. Это в значительной степени усложняет условия труда и отрицательно влияет на работоспособность персонала, обслуживающего технологические комплексы.

Наибольшие уровни шума характерны для участков формовки, выбивки отливок, зачистки, обрубки и некоторых других.

Для обеспечения нормальных условий труда на рабочих местах с повышенным уровнем шума необходимо внедрение технических решений, шумозащитных материалов и конструкций, обеспечивающих снижение уровня звукового давления до нормативного значения.

Действие шума на организм человека. Шум как акустическое явление воздействует не только на органы слуха. Он может вызывать и другие недуги, например, опухоли желудка, кишечника, нарушение кровообращения, сужение сосудов и др. Воздействуя на центральную нервную систему, шум влияет на жизнедеятельность организма: повышается артериальное давление, замедляется психическая реакция и, следовательно, снижается производительность труда, возрастает опасность производственного травматизма. Вредный для здоровья предел уровня громкости составляет 80 дБА (при длительном воздействии), звук громкостью 130 дБА вызывает у человека болевые ощущения, 155 дБА – ожоги, громкость 180 дБА – смертельна [1].

Вредное воздействие на человеческий организм шум оказывает не сразу, а спустя определенное время.

В результате длительного воздействия производственного шума высокого уровня на человека производительность труда в ряде случаев снижается на 60 %, число ошибок в расчетных работах увеличивается более чем на 50 %.

Если уровень шума в производственных зонах превышает нормы все работающие должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты и должны быть предприняты меры по ограничению уровня шума.

В литейных цехах много зон повышенного шума: шихтовые отделения при разгрузке, наборе и взвешивании шихты; плавильные отделения, оборудованные электродуговыми печами; формовочные и стержневые отделения при работе встряхивающих машин; отделения обрубки и очистки литья. Уровень шума в последних достигает 120 дБА.

В зависимости от среды, в которой распространяется звук, он условно подразделяется на структурный (распространяется в инженерных конструкциях и сооружениях) и воздушный (излучается непосредственно в воздух).

Физические характеристики шума. Шум как физический фактор представляет собой волнообразно распространяющееся механическое колебательное движение упругой среды. Физические характеристики шума определяются в соответствии с ГОСТ 12.1.003-86 ССБТ «Шум. Общие требования безопасности».

Основными характеристиками шума являются:

- интенсивность (сила звука) I , Вт/м²;
- звуковое давление P , Н/м², Па;
- мощность звука N , Вт.
- уровень интенсивности звука, дБ, рассчитывается по формуле

$$L_I = 10 \lg \frac{I}{I_0}, \quad (1.18)$$

- уровень звукового давления, дБ, рассчитывается по формуле

$$L_P = 20 \lg \frac{P}{P_0}, \quad (1.19)$$

- уровень звуковой мощности, дБ, рассчитывается по формуле

$$L_N = 10 \lg \frac{N}{N_0}, \quad (1.20)$$

где I , P , N – фактические значения интенсивности звука, звукового давления и мощности звука, соответственно;

I_0 – интенсивность звука на пороге слышимости, 10^{-12} Вт/м²;

P_0 – звуковое давление, при котором два звука еще можно различить, $2 \cdot 10^{-5}$ Па при частоте 1000 Гц;

N_0 – мощность звука на пороге слышимости, 10^{-12} Вт.

– частота звука f , Гц. Звуковой диапазон частот делится на три области, Гц: низкочастотную (16 – 400), среднечастотную (400 – 1000) и высокочастотную (свыше 1000).

При анализе шума звуковой спектр (звуковой диапазон частот) разбивают на **октавные полосы** (октавы). **Октава** – часть звукового спектра, для которой выполняется соотношение: частота верхняя, f_B , равна удвоенной частоте нижней, f_H . Относительно значений среднегеометрических частот октавных полос осуществляют нормирование уровней звукового давления. Среднегеометрическая частота определяется по формуле

$$f_{\text{ср.геом}} = \sqrt{f_H f_B}, \quad (1.21)$$

где $f_{\text{ср.геом}}$ – среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц;

f_H – нижняя частота октавы, Гц;

f_B – верхняя частота октавы, Гц.

– фактор направленности Φ , показывает во сколько раз фактическое значение интенсивности шума отличается от среднего значения его интенсивности (рис. 1.1), рассчитывается по формуле

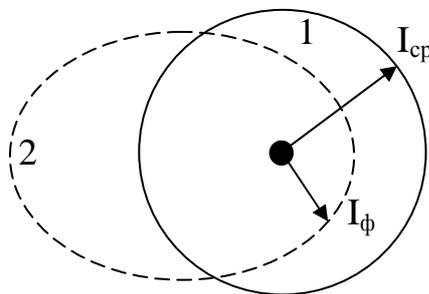
$$\Phi = I_\Phi / I_{\text{ср}}, \quad (1.22)$$

где I_Φ – фактическое значение интенсивности, Вт/м²;

$I_{\text{ср}}$ – среднее значение интенсивности, Вт/м².

– показатель направленности G , дБ, рассчитывается по формуле

$$G = 10 \lg \Phi \quad (1.23)$$



1 – теоретическая область распространения шума от источника шума;

2 – область распространения шума с учетом экранирования

Рисунок 1.1 – Распространение шума от источника шума теоретическое и с учетом экранирования

Классификация шума

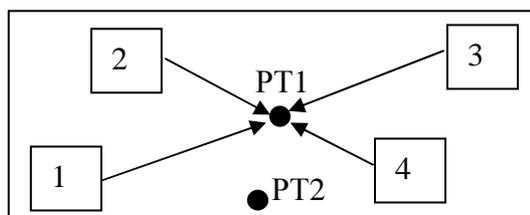
По **характеру спектра** шум делят на:

- *широкополосный* (шум характеризуется непрерывным спектром, охватывающим более чем одну октаву);
- *тональный* (шум одного тона).

По **временным характеристикам** шумы подразделяются на такие:

- *постоянные*, когда уровень звука изменяется не более чем на 5 дБ;
- *непостоянные*: колеблющиеся (уровень звука непрерывно меняется во времени), прерывистые (уровень звука резко падает до уровня фонового шума, длительность звука более 1 с), импульсные (состоят из одного или нескольких звуковых сигналов длительностью звука менее 1 с, действуют отрицательно как и тональный звук).

Методы акустических расчетов. Акустические расчеты проводят при проектировании рабочих мест в производственном помещении. Данные расчеты заключаются в определении уровня звукового давления в расчетных точках (РТ) (рис. 1.2).



1–4 – источники шума в цехе; РТ 1 – расчетная точка в зоне прямого звука;
РТ 2 – расчетная точка в зоне отраженного звука

Рисунок 1.2 – Схема взаимного расположения источников шума и расчетных точек

В паспортных данных оборудования приведена звуковая мощность и величина фактора направленности. Область распространения звука полусфера, площадь которой рассчитывается по формуле

$$S = 2\pi r^2, \quad (1.24)$$

где S – площадь полусферы, m^2 ;
 r – радиус полусферы, m .

Интенсивность звука рассчитывают согласно уравнению

$$I = \frac{N \Phi}{2\pi r^2 K}, \quad (1.25)$$

где N – мощность звука, Вт; –
 Φ – фактор направленности;
 K – коэффициент, учитывающий затухание шума за счет преодоления препятствий; $K = 1$, если $r \leq 50$ м.

Если выражение (1.25) разделить на I_0 , прологарифмировать, умножить на 10, то получим уравнение

$$10\lg \frac{I}{I_0} = 10\lg \frac{N}{I_0 1\text{м}^2} + 10\lg \Phi - 10\lg 2\pi r^2 - 10\lg K. \quad (1.26)$$

На основании формулы 1.26 очевидно, что определение уровня шума в расчетной точке для прямого звука возможно по формуле

$$L_I = L_N + G - 10\lg(2\pi r^2) - \Delta L, \quad (1.27)$$

где L_I – уровень интенсивности звука, дБ;
 L_N – уровень мощности звука, дБ;
 G – показатель направленности, дБ;
 ΔL – затухание звука, дБ, за счет преодоления различных препятствий, при отсутствии препятствий на пути распространения шума и небольших расстояниях равно нулю.

Суммирование уровней звука в расчетной точке от нескольких источников шума осуществляется по формуле

$$L = 10\lg\left(\sum_{i=1}^{i=n} 10^{0.1L_i}\right). \quad (1.28)$$

Если источники равношумящие, то формула (1.28) упрощается

$$\sum L = L_1 + 10 \lg n, \quad (1.29)$$

где n – количество равношумящих источников;

L_1 – уровень интенсивности одного из равношумящих источников, дБ.

Нормирование уровней шума. Нормирование шума осуществляется в соответствии с ГОСТ 12.1.003-86 ССБТ «Шум. Общие требования безопасности» и ДСН 3.3.6.037-99 «Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».

Нормы на уровни шума зависят от выполняемой работы и частоты звука (нормативные уровни звука при тональном и импульсном шуме должны снижаться на 5 дБ).

Совокупность 9 нормативных уровней (ПДУ) называется предельным спектром (ПС), № которого равен ПДУ со среднегеометрической частотой 1000 Гц.

Для рабочих мест в производстве ПС имеет № 75, для рабочих мест с речевой связью ПС имеет № 60. Нормативные значения уровней шума относительно среднегеометрических значений октавных полос представлены в таблице П.1 приложения П.

В тех случаях, когда уровень шума невозможно измерить или нормировать в отдельных октавных полосах, нормирование осуществляется в эквивалентных уровнях звука L_A , дБА.

$$L_{дБА} = \text{№ ПС} + 5 \quad (1.30)$$

В случае, когда отдельные частоты не выделяются, уровень шума в дБА измеряется шумомером на диапазоне А, который моделирует, в определенной степени, субъективное восприятие шума человеческим ухом (осуществляется интегральная оценка). Более объективно замеряются высокие звуки (частоты), низкие частоты замеряются не столь точно.

Мероприятия по защите от шума. При разработке технологических процессов, проектировании, изготовлении и эксплуатации машин, а также при организации рабочих мест необходимо осуществлять все необходимые мероприятия по снижению шума до значений, не превышающих допустимых норм.

В таблице Р. 1 приложения Р приведены характеристики уровней звуковой мощности для некоторого оборудования литейных цехов. Анализ этих данных показывает, что наиболее шумоопасным оборудованием в литейных цехах являются формовочные машины, выбивные решетки, пластовые мельницы, очистительные барабаны, пескометы, вибрационные сита и трамбовки.

Исходя из шумовых характеристик оборудования, выбранного для цеха или участка, и с учетом его расположения в производственном помещении, необходимо составить шумовую карту, которая имеет вид, представленный на рисунке 1.3.

Если известна звуковая мощность оборудования L_N , то уровень шума L от этого оборудования в расчетной точке, отдаленной от него на расстояние r , м, можно определить с помощью упрощенной формулы 1.31, которая не учитывает фактор направленности шума и затухание шума вследствие преодоления шумом препятствий

$$L = L_N - 10 \lg(2\pi r^2). \quad (1.31)$$

Суммарный уровень шума в расчетной точке от нескольких единиц оборудования, дБ, рассчитывается по формуле (1.28).

Если уровень шума на рабочих местах будет превышать нормативные значения, необходимо предусмотреть мероприятия по защите от шума, внести изменения в технологический процесс или пересмотреть виды оборудования.

Для выполнения шумовой карты необходимо избрать расчетные точки, определить в них уровни звука, исходя из которых, выделить шумовые зоны в цехе.

При планировке литейных цехов необходимо предусматривать максимально возможное в пределах одного здания удаление участков с интенсивными источниками шума от расчетной точки. Чтобы уменьшить воздействие шума на работающего, в помещении применяют кабины наблюдения, дистанционного управления и специальные боксы, где размещают оборудование. Для отдыха обслуживающего персонала устраивают зоны, в которых потолки и стены покрывают звукопоглощающими материалами. Если установленное в цехе оборудование издает шум, превышающий допустимые нормы, его помещают в отдельных звукопоглощающих боксах или камерах, покрывают звукоизолирующими кожухами или устанавливают акустические экраны.

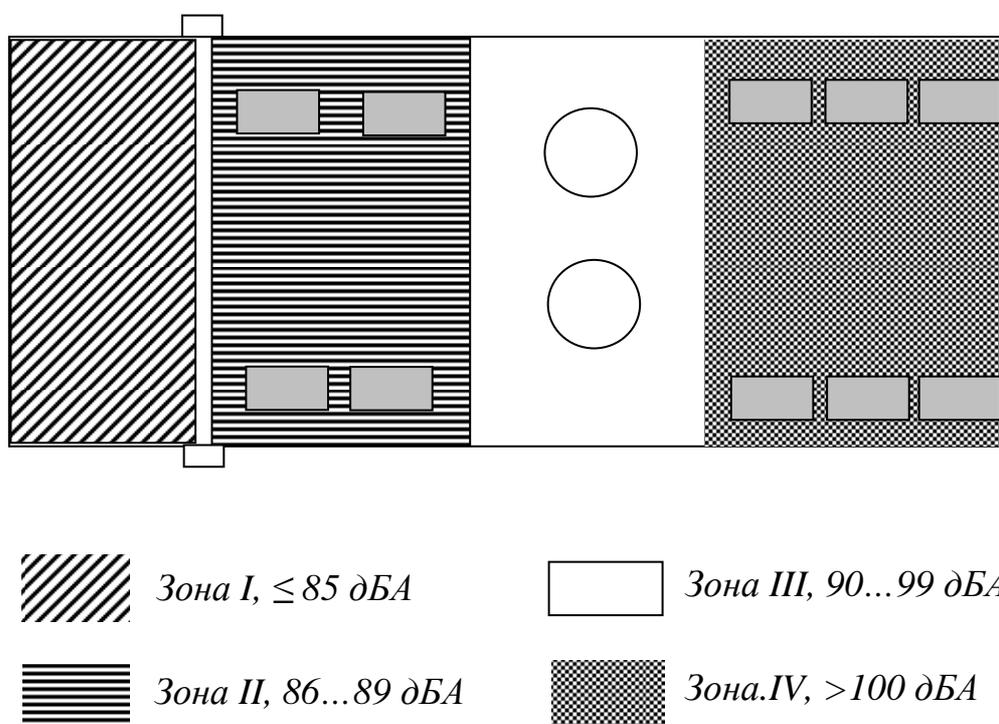


Рисунок 1.3 – Шумовая карта производственного помещения

Уменьшение шума в источниках его возникновения. Этот метод наряду с правильной планировкой литейного цеха является основным. Он заключается в качественном монтаже, правильной эксплуатации оборудования, своевременном проведении планово-предупредительных ремонтов.

Планирование мероприятий должно производиться на основании анализа технологического состояния оборудования и исследования спектров шума на рабочих местах и в целом на производственном участке. Следует отказаться

от применения оборудования и процессов, являющихся источниками повышенного шума, и заменить их новыми, более прогрессивными. Например, изготовление литейных жидких самотвердеющих смесей позволило отказаться от ручных пневматических трамбовок и другого шумного литейного оборудования. В зоне удаления земли после литья можно использовать электрогидравлический метод очистки, который по своим технологическим характеристикам обеспечивает не только высокую производительность и экономический эффект, но и значительно улучшает условия труда на обрубном участке. Использование газопламенного строгания и фрезерования вместо пневматической зачистки и обработки сварных швов отливок дает возможность снизить уровни шума на рабочих местах на 6...11 дБА.

Звукопоглощающие кожухи. Один из простых и дешевых способов снижения шума – устройство звукоизолирующих кожухов, полностью закрывающих шумные агрегаты. Благодаря этому способу шум в расчетных точках (рабочие места обслуживающего персонала) значительно снижается.

Кожухи могут быть съемными или разборными. При необходимости в них делают смотровые окна, открывающиеся дверцы-люки, проемы для подвода различных коммуникаций. Однако все перечисленные элементы должны быть выполнены таким образом, чтобы обеспечить такую же эффективность звукопоглощения, как и при сплошном кожухе.

Изготавливают кожухи из стальных листов толщиной 1,5...2 мм, алюминиевых листов толщиной 2...3 мм; из стеклопластика толщиной 3...5 мм, фанеры и других листовых материалов, способных обеспечить пожарную безопасность и технологическую возможность производства. Внутри кожух должен быть облицован звукопоглощающим материалом (минеральное или стеклянное волокно), минимальный слой которого после окончательного закрепления должен составлять 40...50 мм.

Акустические экраны. Они дают относительно низкое ослабление шума в определенных направлениях и действуют за счет эффекта отражения волн на преградах и рассеянии звука на звукопоглощающих поверхностях со специальным покрытием. Экспериментально установлено, что в особо благоприятных условиях экраны обеспечивают снижение уровня шума на 10...15 дБ.

Акустические экраны целесообразно устанавливать, когда в расчетной точке уровень звукового давления прямого звука от рассматриваемого источника существенно выше, чем от соседних.

Экранирующие устройства должны быть немассивными, непроницаемыми, достаточно прочными и устойчивыми против различных метеорологических воздействий. Их изготавливают из строительных материалов: тонкого листового металла, пиломатериалов, кирпича, асбоцемента. Экраны выполняют в виде: каркасов из металлических профилей, облицованных звукопоглощающими плитами; жалюзи, элементы которых покрыты специальным материалом; акустических занавесов, изготавливаемых из тяжелых звуконепроницаемых матов.

В промышленной звукоизоляции применяются также стрингерные (состоящие из листового металла, на поверхности которого закреплены ребра жесткости – стрингеры) и сотовые конструкции.

Звукоизоляция стрингерных панелей в интервале частот 63...8000 Гц может достигать 20...30 дБ.

Металлические сотовые конструкции – сотовый наполнитель, распределенный между листовым металлом, эффективно снижает звуковое давление. В зависимости от размера ячейки наполнителя звукоизоляция такой конструкции в интервале частот 63...8000 Гц может достигать 40 дБ.

Например, шумозаглушающими конструкциями должны быть оборудованы барабаны для очистки отливок от формовочной земли (расчет и проектирование данных конструкций приведены в [2]). Для предотвращения проникновения шума с участка обработки отливок пневмозубилами и наждачными кругами необходимо этот участок отделить от другой части литейного цеха экраном, имеющим звукопоглощающую облицовку [2]. Высота экрана должна быть не менее 3 м. Необходимо также предусмотреть средства индивидуальной защиты.

В некоторых случаях при очень высоких уровнях шума, рациональным является изоляция рабочего места, так на рабочем месте операторов пескомета и электропечи необходимо устанавливать пульта управления в звукоизолирующих кабинах [2].

Акустическая обработка помещений. Акустическая обработка заключается в установке звукопоглощающих облицовок и штучных звукопоглотителей для уменьшения интенсивности отраженных звуковых волн.

Выбор конструкции звукопоглощающей облицовки должен производиться не только для максимального снижения шума в какой-либо активной полосе, но и для обеспечения работоспособности облицовки в конкретных производственных условиях. Такие облицовки устанавливают на потолке и стенах. Площадь облицованных поверхностей должна составлять не менее половины общей площади ограничивающих помещение поверхностей [1].

1.3.3 Вибрация в литейных цехах

Источниками общей вибраций в литейных цехах являются ударные действия выбивных решеток, пневматические формовочные, центробежные и другие машины, приводящие к сотрясению пола и других конструктивных элементов здания, а источниками локальной вибрации – пневматические рубильные молотки, трамбовки и т.д. Параметры общей и локальной вибрации регламентируются ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ «Вибрационная безопасность. Общие требования» и ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації».

Вибрация возникает от силовых неуравновешенных воздействий. Различают **общую вибрацию**, которая передается через ступни ног, и **местную вибрацию**, которая передается при контакте рук с вибрирующим инструментом, а если человек сидит, то через корпус туловища.

Действие вибрации на организм человека. В результате действия вибрации на организм человека возникают профзаболевания: виброболезнь, неврит. Основными жалобами являются головная боль, бессонница, нарушение вестибулярного аппарата, повышенная утомляемость, нервно-сосудистые заболевания.

При локальной вибрации возникают изменения в костно-суставном аппарате, спазм сосудов конечностей.

Если на человека воздействуют совместные типы вибраций, то возникают гастриты, желудочно-кишечные заболевания, сердечно-сосудистые заболевания.

Общая вибрация наиболее неблагоприятна на резонансных с организмом частотах (6–9 Гц – собственная частота). Вибрация головы относительно плеч 17–25 Гц. При 6–9 Гц может произойти обрыв плевы. Колебания частотой 17–25 Гц дает бурильный молоток.

Нормирование вибрации. Нормирование вибрации осуществляется согласно ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ «Вибрационная безопасность. Общие требования». Гигиеническую оценку вибрации дают в соответствии с ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації».

Величинами, которые нормируются, является виброскорость v , м/с (при v_{480} человек может работать весь рабочий день) и уровень вибрации L_v , дБ. Уровень вибрации рассчитывается по формуле

$$L_v = 20 \lg v/v_0, \quad (1.32)$$

где v , v_0 – фактическая виброскорость и опорная виброскорость соответственно, м/с; $v_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ м/с.

Допустимые уровни вибрации приведены в таблице 1.13.

При действии вибрации не полную смену нормативные значения могут увеличиваться и рассчитываются по формуле

$$v_t = v_{480} \sqrt{\frac{480}{t}}, \quad (1.33)$$

где t – время воздействия вибрации за смену, мин.

Таблица 1.13 – Допустимые уровни вибрации

Вид вибрации	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Общая вибрация	$\frac{1,3}{108}$	$\frac{0,45}{99}$	$\frac{0,22}{93}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	–	–	–	–
Локальная вибрация	–	–	$\frac{2,8}{115}$	$\frac{1,4}{109}$						

Примечание. В числителе – v_{480} , м/с $\cdot 10^{-2}$, в знаменателе – уровень вибрации L_v , дБ.

Максимальное значение v_t не должно превышать значений, соответствующих для общей вибрации при времени воздействия t равном 10 мин. Для локальной вибрации – не более, чем при времени воздействия t равном 30 мин.

Мероприятия по снижению вибрации. Основными мерами снижения вибрации являются:

- снижение вибрации в ее источнике путем совершенствования конструкций машин и техпроцессов;

- балансировка оборудования;

- использование гидроприводов;

- отстройка от режима резонанса. Это достигается изменением характеристик систем, например, массы или жесткости, в этом случае предусматриваются ребра, утолщение конструкций; установкой нового режима работы, например, изменение частоты вращения и др.;

- виброгашение, что предполагает уменьшение уровня вибрации, путем введения в систему дополнительных реактивных сопротивлений или установкой оборудования на специальные изолирующие фундаменты с амплитудой A , равной 0,1–0,2 мм, применением виброгасителей.

- вибродемпфирование. Данная мера заключается в превращении энергии виброколебаний в другие виды энергии, например, в тепловую (при этом используют материалы с большим коэффициентом внутреннего трения) или в энергию токов Фуко или в энергию электромагнитного поля;

- виброизоляция, т. е. уменьшение уровня вибрации путем уменьшения передачи колебаний от источника вибрации за счет введения упругой связи, например, установка оборудования на амортизаторы.

- соблюдение оптимального режима работы (длительность работы в условиях вибрации должна быть не более 2/3 от продолжительности рабочей смены, продолжительность обеденного перерыва не менее 40 мин, дополнительные перерывы через 1–2 часа работы);

- прохождение обязательных регулярных медосмотров один раз в год, соблюдение различных гигиенических мероприятий;

- использование индивидуальных средств защиты, к которым относятся специальные рукавицы, накладки при работе с виброинструментом, специальная обувь для защиты от общей вибрации.

1.3.4 Ультразвук

Ультразвук – это колебания с частотой $f \geq 20$ кГц.

Ультразвук в литейных цехах применяется для обработки жидких расплавов, очистки отливок, а также в установках и системах очистки газов. Для этого

используют генераторы с диапазоном частот 18-22 кГц. Уровень ультразвука необходимо контролировать.

Действие ультразвука на организм человека. Действие ультразвука похоже на действие шума. Реакция организма наблюдается в день воздействия и на 3-5-й день облучения. Воздействие ультразвука проявляется в учащении пульса, урежении дыхания. Особенно опасным является контактное воздействие через жидкую или твердую фазы. Ультразвук может вызывать кавитацию крови (разрушение протоплазмы крови).

Нормирование ультразвука. Нормирование ультразвука начинается с 11,2 кГц. Это связано с тем, что при работе промышленных установок возникает унтертон на частоте 1/2 рабочей, он помещается в звуковой диапазон.

Низкочастотный ультразвук относится к диапазону 11,2 – 100 кГц, высокочастотный ультразвук – к диапазону > 100 кГц.

Нормирование ультразвука производится согласно ГОСТ 12.1.001-89 ССБТ «Ультразвук. Общие требования безопасности». Допустимые уровни ультразвукового давления должны учитываться при проектировании ультразвукового оборудования (табл. 1.14).

Таблица 1.14 – нормирование уровней ультразвука относительно среднегеометрических частот

Среднегеометрическая частота, f кГц	12,5	16	20	25	31,5-100
Нормируемый уровень звука, дБ	80	90	100	105	110

Мероприятия по защите от ультразвука. Для эффективной борьбы с ультразвуком оборудования необходимо знать акустическую мощность излучения, т.е. генерируемую мощность.

Основными методами защиты от ультразвука являются:

- повышение рабочей частоты;
- снижение ультразвука в источнике;
- устройство звукоизолирующих кожухов или экранов;
- исключение контакта рук рабочих с обрабатываемыми деталями, жидкостью, источниками ультразвука (автоматизация, блокировки, механизация);
- расположение технологических ультразвуковых устройств в звукоизолирующих кабинах.

1.3.5 Электромагнитные поля и излучения

Электромагнитные поля в литейных цехах генерируются электротермическими установками для плавки и нагрева металла, сушки форм и стержней

и др. Требования к размещению высокочастотных установок указаны в «Правилах безопасности при эксплуатации электротермических установок повышенной и высокой частоты».

Таблица 1.15 – Классификация диапазонов ЭМП

Диапазон волновой	Длина волны, λ , м	Частотный диапазон, f, Гц	
Длинные	10000...1000	$3 \cdot 10^4$... $3 \cdot 10^5$	ВЧ
Средние	1000...100	$3 \cdot 10^5$... $3 \cdot 10^6$	
Короткие	100...10	$3 \cdot 10^6$... $3 \cdot 10^7$	УВЧ
Ультракороткие (УКВ)	10...1	$3 \cdot 10^7$... $3 \cdot 10^8$	
дм	1...0,1	$3 \cdot 10^8$... $3 \cdot 10^9$	СВЧ
см	0,1...0,01	$3 \cdot 10^9$... $3 \cdot 10^{10}$	
мм	0,01...0,001	$3 \cdot 10^{10}$... $3 \cdot 10^{11}$	

Действие электромагнитных излучений на организм человека. Наиболее чувствителен организм человека к воздействию СВЧ. Последствия чаще всего обратимы, если длительность работы не более 5 лет.

Различают следующие виды воздействия СВЧ:

- тепловое (поглощение энергии и разогрев тканей, используется в медицине);
- морфологическое (существенные изменения в печени, почках);
- функциональное (боли в области сердца, изменение артериального давления и пульса, снижение частоты сердечных сокращений; на диапазоне СВЧ возможна катаракта и трофические явления: выпадение волос, ломкость ногтей, сухость кожи).

Влияние на организм человека УВЧ. При воздействии излучения в диапазоне УВЧ поглощение энергии происходит локально, затем в больное место поступает кровь и вымывает продукты распада.

Количественные характеристики. На диапазонах ВЧ и УВЧ основными характеристиками являются напряженность электрического поля, E , В/м и напряженность магнитного поля, H , А/м.

Опасной величиной является напряженность магнитного поля, H , которая составляет 150 – 200 А/м (приводит к тепловому разогреву).

Для СВЧ нормируется плотность потока мощности энергии (ППЭ), Вт/м² (табл. 1.16). Опасной величиной является плотность потока мощностью энергии более 100 Вт/м².

Таблица 1.16 – Нормирование в диапазоне СВЧ

ППЭ, Вт/м ²	Время пребывания, мин	Примечание
До 0,1	Весь рабочий день	–
До 1	2 часа	Ост. время 0,1 Вт/м ²
До 10*	10 мин	– «–

Примечание. *Обязательное пользование защитными очками.

Нормы регламентируются ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ «Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля». Предельно допустимые значения E и H в диапазоне частот 60 кГц – 300 МГц на рабочих местах персонала определяют исходя из допустимой энергетической нагрузки и времени воздействия по формулам

$$E_{п.д} = \sqrt{\frac{\text{ЭН}_{E_{п.д}}}{t}}, \quad (1.34)$$

$$H_{п.д} = \sqrt{\frac{\text{ЭН}_{H_{п.д}}}{t}}, \quad (1.35)$$

где $E_{п.д}$ – предельно допустимая напряженность электрического поля, В/м;

$H_{п.д}$ – предельно допустимая напряженность магнитного поля, А/м;

$\text{ЭН}_{E_{п.д}}$ – предельно допустимое значение энергетической нагрузки в течение рабочего дня, $(\text{В/м})^2 \cdot \text{ч}$;

$\text{ЭН}_{H_{п.д}}$ – предельно допустимое значение энергетической нагрузки в течение рабочего дня, $(\text{А/м})^2 \cdot \text{ч}$;

t – время воздействия, ч.

Максимальные значения $E_{п.д}$, $H_{п.д}$, $\text{ЭН}_{E_{п.д}}$, $\text{ЭН}_{H_{п.д}}$ приведены в таблице 1.17.

Таблица 1.17 – Значения энергетической нагрузки

Параметр	Частота, МГц		
	0,06...3	3...30	30...300
$E_{п.д}$, В/м	500	300	80
$H_{п.д}$, А/м	50	–	–
$\text{ЭН}_{E_{п.д}}$, $(\text{В/м})^2 \cdot \text{ч}$	20000	7000	800
$\text{ЭН}_{H_{п.д}}$, $(\text{А/м})^2 \cdot \text{ч}$	200	–	–

Одновременное воздействие электрического и магнитного полей в диапазоне частот от 0,06 до 3 МГц следует считать допустимым при условии

$$\frac{\text{ЭН}_E}{\text{ЭН}_{E_{п.д}}} + \frac{\text{ЭН}_H}{\text{ЭН}_{H_{п.д}}} \leq 1, \quad (1.36)$$

где ЭН_E и ЭН_H – энергетические нагрузки, характеризующие воздействия электрического и магнитного полей.

Методы защиты от электромагнитных полей и излучений:

– уменьшение мощности излучения в самом источнике;

– защита временем. Допустимое время воздействия излучения определяется из формул

$$t_{\text{доп}} = \frac{\text{ЭН}_{\text{Епд}}}{E_{\text{ф}}^2}, \quad (1.37)$$

$$t_{\text{доп}} = \frac{\text{ЭН}_{\text{Нпд}}}{H_{\text{ф}}^2}, \quad (1.38)$$

где $t_{\text{доп}}$ – допустимое время воздействия излучения, ч;

$E_{\text{ф}}$ – напряженность электрического поля фактическая, В/м;

$H_{\text{ф}}$ – напряженность магнитного поля фактическая, А/м;

$\text{ЭН}_{\text{Епд}}$ – предельно допустимое значение энергетической нагрузки в течение рабочего дня, $(\text{В/м})^2 \cdot \text{ч}$;

$\text{ЭН}_{\text{Нпд}}$ – предельно допустимое значение энергетической нагрузки в течение рабочего дня, $(\text{А/м})^2 \cdot \text{ч}$;

– защита расстоянием;

– использование поглотителей мощности, волноводных ослабителей, делителей мощности;

– экранирование источников излучения или рабочих мест. В качестве экранов применяется латунь, медь, алюминий, медная сетка (4x4 мм), обязательно должна быть предусмотрена вентиляция.

– применение средств индивидуальной защиты (очки со специальной пленкой, халаты, комбинезоны из ткани радиотехнической РТ).

Защищают органы наиболее подверженные повреждениям, а именно спинной мозг, мочеполовая система.

Отрицательное действие оказывают электрические поля, образующиеся в районе линий высокого напряжения.

Опасная зона воздействия располагается на расстоянии:

$R = 20$ м (для линий напряжением $U = 400 - 500$ кВ).

$R = 30$ м (для линий напряжением $U = 750$ кВ).

Допустимой величиной напряженности является значение 5 кВ/м при воздействии весь рабочий день. При более высоких значениях напряженности время воздействия уменьшается до величин: при E до 10 кВ/м до 180 мин; при E в интервале 10-15 кВ/м до 90 мин; при $E > 15$ кВ/м до 5 мин.

Нормативные значения уровня электрических полей на рабочем месте регламентирует ГОСТ 12.1.002-84 ССБТ «Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах».

Допустимые уровни напряженности электростатических полей устанавливаются в зависимости от времени пребывания персонала на рабочих местах

в соответствии с ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ «Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочем месте и требования к проведению контроля». Данный стандарт распространяется на электростатические поля, создаваемые при эксплуатации электроустановок высокого напряжения постоянного тока и электризации диэлектрических материалов. Предельно допустимый уровень напряженности электростатических полей устанавливается равным 60 кВ/м в течение одного часа. При напряженности электростатических полей менее 20 кВ/м время пребывания в электростатических полях не регламентируется.

Электромагнитные поля, возникающие при индукционной плавке Индукционные печи создают электромагнитные поля, отрицательно влияющие на человека, что является следствием возникновения проблем на основе биоэлектромагнитной совместимости. Электромагнитные поля снижают работоспособность, повышают утомляемость, вызывают головные боли, бессонницу, изменение кровяного давления и пульса.

Исследование взаимосвязи электромагнитных полей с онкологическими заболеваниями показало, что электромагнитные поля представляют значительную угрозу здоровью в отношении раковых заболеваний, особенно опухолей нервных сетей, головного мозга и лейкемии. Большой вред наносят поля высокой частоты. При этом, если электрические поля воздействуют только на поверхность тела, то магнитные поля – на сердце, ток крови, и они беспрепятственно проникают внутрь тела человека [1].

Поэтому при применении индукционных плавильных печей необходимо принимать меры по защите работающих от воздействия электромагнитных полей.

Одной из таких мер является правильный выбор типа печей. Наименее опасны в этом отношении канальные печи, у которых напряженность магнитного поля на рабочей площадке равна нулю, так как у канальных печей магнитные поля поглощаются сердечником.

Во многих случаях есть выбор между индукционными плавильными печами средней и промышленной частоты. Печи промышленной частоты имеют более высокий уровень напряженности магнитного поля, чем печи средней частоты.

Сравнение напряженности магнитного поля, замеренной на расстоянии 1 м и высоте 1,5 м от работающих, индукционных печей промышленной и средней частоты примерно при равных условиях, показало, что эта величина для печей промышленной частоты (50 Гц) составила в среднем 32,25 А/м, а для печей средней частоты (250 Гц) – 16,6 А/м.

Величины напряженности магнитного поля печей средней частоты приведены в таблице 1.18 [1].

Существенным фактором, влияющим на напряженность магнитных полей индукционных плавильных печей, являются экранирующие магнитопроводы, наличие которых в конструкции печи является необходимым.

Магнитопроводы позволяют уменьшить влияние магнитного поля на обслуживающий персонал, работающий вблизи индукционных установок для нагрева заготовок, на 20...70%.

Большое значение для величины напряженности магнитного поля имеет расстояние точки замера от печи. С увеличением расстояния от центра печи вверх по вертикали и от печи по горизонтали напряженность магнитного поля уменьшается. Этот фактор необходимо учитывать при разработке инструкций по технике безопасности для производственного персонала. В инструкции по технике безопасности должно быть точно указано, на каком расстоянии от печи должен находиться сталевар в те периоды, когда он выполняет технологические операции непосредственно с металлом и шлаком, а также обязательно должно быть указано, что при выполнении операций с металлом и шлаком печь должна быть отключена.

Таблица 1.18 – Напряженность магнитного поля у печей средней частоты

Фирма-изготовитель печи	Вместимость печи, кг	Рабочая частота печи, Гц	Мощность, кВт	Напряженность магнитного поля, Е, на расстоянии 1 м от печи, А/м
«Эгес», Турция	1000	1000	600	17,1
«РЭЛТЭК», Россия	400	2400	320	40
ABB, Германия	4500	500	–	56
	500	1000	300	80
	12000	240	9300	80
	2000	370	200	50

Требования по напряженности магнитного поля для диапазона частот 60 кГц...300 МГц устанавливает ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ «Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля».

При воздействии электромагнитного поля в течение 8 ч уровень напряженности магнитного поля не должен превышать 5 А/м [1].

Замеры напряженности магнитного поля на рабочих местах высокочастотных установок, работающих в диапазоне частот 66...440 кГц, показали, что эта величина составляет 1..3 А/м.

На предприятиях, где работают индукционные печи, необходимо периодически проводить контроль напряженности магнитного поля в рабочей зоне.

1.3.6 Ионизирующие излучения

Источники ионизирующих излучений в литейном производстве применяют для плавки, выявления дефектов в отливках, контроля и автоматизации технологических процессов и др. Основными документами, регламентирующими

радиационную безопасность, являются закон Украины «О защите человека от воздействия ионизирующего излучения» (№ 15/98-ВР, ред. от 29.09.13), «Нормы радиационной безопасности Украины» (НРБУ-97 № 208 от 14.07.97), «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности Украины» (№ 54 от 02.02.05), «Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений» (ОСП-72/87).

Для работы со стационарными установками с закрытыми гамма-нейтронными источниками предусматривают изолированные помещения, преимущественно в отдельном доме или в отдельной одноэтажной части здания.

Хранилища для радиоактивных веществ оборудуют соответствующей защитой от излучений и вытяжной вентиляцией.

Для защиты от ионизирующих излучений на рабочих местах используют экранирование, которое снижает облучение до допустимой величины [2].

1.3.7 Электрический ток

Основными источниками опасности поражения электрическим током в литейных цехах являются электропечи, машины и механизмы с электроприводом. Применяемое электрооборудование в основном работает под напряжением до 1000 В, при использовании электротермических установок – выше 1000 В. Основные требования электробезопасности представлены в ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты», ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ «Электробезопасность. Защитное заземление, зануление», ГОСТ 12.2.007.0-89 ССБТ «Изделия электротехнические. Общие требования безопасности», НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок».

Рассматривая вопросы электробезопасности необходимо привести схему электрозащиты, которая способна обеспечить безопасность эксплуатации электрооборудования, а также проанализировать условия применения и принцип действия системы сигнализации на случай опасности.

Особое внимание необходимо уделять помещениям и внешним зданиям, в которых производятся, перерабатываются или сохраняются взрыво-, пожароопасные материалы. Данные материалы должны быть классифицированы в соответствии с их взрывоопасностью и пожароопасностью согласно требованиям «Правил устройства электроустановок».

В электрических схемах управления необходимо предусмотреть защиту от перегрузки и коротких замыканий. При работах, связанных с опасностью поражения электрическим током, необходимо использовать защитные средства.

Электроинструмент, переносные электролампы, понижающие трансформаторы и преобразователи частоты тока при выдаче на руки должны проверяться на отсутствие замыкания на корпус, на исправность заземляющего провода и изоляции питательных проводов [2].

1.3.8 Транспортные средства

Литейные цеха оснащены транспортными и грузоподъемными механизмами; машинами для приготовления формовочных и стержневых смесей и составов, форм и стержней; устройствами для выбивки отливок; разнообразными механизмами для финишных операций и др. Выполнение любой из операций на указанном оборудовании связано с опасностью травмирования обслуживающего персонала вследствие наличия опасных зон в машинах и механизмах.

Требования безопасности при подъемно-разгрузочных работах. Основные требования безопасности при проведении погрузочно-разгрузочных работ регламентирует ГОСТ 12.3.009-76 ССБТ «Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности». В дипломном проекте необходимо обосновать выбор подъемно-транспортных средств с точки зрения безопасности труда и разработать основные мероприятия по предупреждению травматизма при передвижении грузов, также необходимо обосновать выбор места осуществления этих работ. Наиболее перспективным методом предупреждения травматизма при выполнении данных работ является их механизация и автоматизация.

Необходимо кратко привести основные требования к выполнению работ грузоподъемными машинами касательно основных технологических процессов, а также привести мероприятия по уменьшению пылевыделения при транспортировке грузов, характеризующихся способностью образовывать большое количество пыли [2].

Особое внимание необходимо уделять безопасности при передвижении жидкого металла и шлаков. Перспективным методом является замена внутрицехового транспорта непрерывными видами транспорта. Для подачи шихтовых материалов желательно применять транспортеры. Перевозку жидкого металла в ковшах можно заменить транспортировкой металла по трубам с использованием электромагнитных насосов [2].

При перевозке жидкого металла, шлаки, расплава и т.п. особое внимание необходимо уделять предотвращению разбрызгивания, а также выполнению требований, предъявляемых к отдельным элементам разливных кранов. Центр тяжести заправляемого сталью ковша должен быть хотя бы на 220 мм ниже оси его вращения для предотвращения переворачивания.

Для места разлива жидкого металла должно быть предусмотрено ограждение перилами, также должно быть предусмотрено дистанционное управление разливом металла.

В литейных цехах очень распространенным является использование конвейерного транспорта для передвижения любых грузов. В пояснительной записке студенту необходимо привести основные мероприятия по предупреждению травматизма при эксплуатации конвейерного транспорта.

1.3.9 Взрыво-, пожароопасность в металлургических цехах

Определение пожарной опасности производства включает следующие этапы:

- определение пожарной опасности материалов;
- исследование опасности возникновения пожара;
- исследование опасности распространения пожара.

Определение пожарной опасности материалов. В процессе производства используются разнообразные технологические материалы. Для каждого из них необходимо установить основные показатели пожарной опасности (горючесть, способность вспыхивать, взрывоопасность, температуру вспышки, нижнюю концентрационную границу), а также физико-химические свойства, которые влияют на условия возникновения и развитие пожара в конкретных условиях производства (при рабочих давлениях, температуре и т.п.). Рядом с определением пожежо- и взрывоопасных свойств материалов необходимо знать их количество на разных участках производства и пожарную опасность проектированного оборудования.

Исследование опасности возникновения пожара. Исследование опасности возникновения пожара предусматривает установление возможности одновременного появления и взаимодействия в соответствующем соотношении трех компонентов, которые необходимы для возникновения пожара: горючего материала, окислителя и источника зажигания. В большинстве случаев окислителем является кислород воздуха из окружающей среды. Источники зажигания на производстве могут быть технологическими, естественными или из-за неосмотрительности рабочих при действиях с огнем. Поэтому при анализе опасности возникновения пожара необходимо установить возможность следующих ситуаций:

- образование горючего среды внутри оборудования при его нормальной работе, а также в периоды пуска и остановки;
- образование горючей среды в помещениях и на открытых площадках при выходе горючих материалов из нормально действующего оборудования;
- повреждение оборудования с выходом из него горючих материалов и образованием горючей среды в помещении и на открытых площадках;
- возникновение контакта с горючей средой производственных и естественных источников зажигания, а также источников от неосмотрительного пользования огнем.

Особое внимание необходимо уделять оценке опасности возникновения пожара в особых условиях производства (ремонтные работы, пуск или авария). Одной из основных причин возникновения пожаров на производстве является неисправность и неверная эксплуатация электротехнических устройств. В большинстве случаев пожары имеют место в результате коротких замыканий в электрических сетях; перегрева и возгорания веществ и материалов, которые находятся в непосредственной близости к электрооборудованию; токовых

перегрузок проводов в электрических машинах; больших перепадов сопротивления; электрических искр и др. В металлургическом производстве много технологических процессов, которые характеризуются опасностью возникновения пожара. Анализ пожарной опасности необходимо проводить, исходя из конкретных условий и используемого оборудования.

Исследование опасности распространения пожара. Такие исследования являются необходимыми при проектировании цеха. При этом необходимо установить возможные размеры разных зон пожара (горения, излучения, задымления, взрыва), в которых возможны тяжелые последствия (человеческие жертвы и материальные потери). Исходными точками при расчете зон пожара, прежде всего, являются места с наибольшей вероятностью возникновения пожара от технологических причин; если явных технологических причин нет, то необходимо учесть наиболее вероятные места возникновения пожара от естественного источника зажигания или от неосмотрительного использования пламени. При большой площади производственного цеха (участка) необходимо рассмотреть возможность возникновения пожара с нескольких исходных точек.

Определение категории производства по взрывной и пожарной опасности осуществляется в зависимости от взрывной и пожарной опасности веществ и материалов, которые хранятся на складах, транспортируются и используются в цехах, на рабочих местах и в агрегатах. Все производства делятся на пять категорий: А, Б, В, Г, Д.

Категория А – производства, в которых находятся в обращении горючие газы с НПВ до 10 % к объему воздуха, жидкости с температурой вспышки паров до 28°C при условии, что указанные газы и жидкости могут образовать взрывоопасные смеси в объеме, превышающем 5 % объема помещения; вещества, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и друг с другом.

Категория Б – производства, в которых находятся в обращении горючие газы с НПВ более 10% к объему воздуха; жидкости с температурой вспышки паров от 28 до 61°C (включительно); жидкости, нагретые в условиях производства до температуры вспышки и выше, горючие пыли или волокна с НКПВ до 65 г/м³, при условии, что указанные газы, жидкости и пыли могут образовать взрывоопасные смеси в объеме, превышающем 5% объема помещения.

Категория В – производства, в которых находятся в обращении жидкости с температурой вспышки паров выше 61°C; горючие пыли или волокна с НКПВ более 65 г/м³; вещества, способные гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и друг с другом; твердые сгораемые вещества и материалы.

Категория Г – производства с применением несгораемых веществ и материалов в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени; твердых, жидких и газообразных веществ, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива.

Категория Д – производства с применением несгораемых веществ и материалов в холодном состоянии.

В зависимости от категории производства предъявляются соответствующие требования к огнестойкости зданий и сооружений, размещению их на территории предприятия, наличию средств пожаротушения и т. п., к устройству электрооборудования.

На металлургических предприятиях к **категории А** относят производства, которые связаны с хранением и применением горючих газов. Такими производствами являются, например, отделения диссоциации аммиака; станции получения защитного газа и ацетилена; компрессорные горючих газов; машинные залы коксового и смешанного газов; газорегуляторные и газораспределительные пункты; цеха наполнения ацетилена, водорода, естественного и генераторного газов; очистки и сушки водорода. К категории А также относятся производства, которые связаны с использованием бензина, бензола и других огнеопасных жидкостей с температурой вспышки паров до 28°C включительно, насосные для перекачки таких жидкостей, а также жидкой серы (без отдувки сероводорода), все производства связанные с использованием трихлорсилана и триэтилэтоксилана, тетракарбонила никеля и др. Относятся к категории А также производства, связанные с использованием твердых веществ, например, производство и хранение карбида кальция, производство порошков: никелевых, кобальтовых, редкоземельных металлов и т.п.

На металлургических предприятиях к **категории Б** относят много производств, которые связаны с использованием горючих газов: участки (цеха) наполнения аммиака; аммиачные компрессорные; помещения для хранения баллонов с аммиаком; склады концентрированной аммиачной воды; склады баллонов с горючими газами; газоочистные установки технологических газов в доменных, конверторных, электросталеплавильных, ферросплавных цехах; установки нагнетания газов на конверторах без дожигания оксида углерода или с частичным дожиганием; компрессорные и смесительные станции доменного газа и т.г. К категории Б также относятся производства, связанные с использованием жидкостей с температурой вспышки 28...61°C включительно: реagentные цехп (отделения) с использованием таких жидкостей; участки допрессовки огнеупорных изделий с использованием керосино-стеариновых смесей (краскозаготовительные, малярные, красильные отделения и участки с использованием растворителей, которые имеют указанную выше температуру вспышки, склады закрепителей на основе уайт-спирита и т. г.). К этой же взрывопожароопасной категории относятся производства, связанные с использованием или образованием горючей пыли: отделения дробления угля, подземные углеприемные ямы, закрытые галереи для транспортировки угля, дозировочные и углеразгрузочные установки, установки подачи пылеугольного топлива к печам, отделения приготовления шихты для производства спеченных изделий (порошковая металлургия), склады хранения сернистого цинка и стеарата цинка, отделение спекания и смешивания азотированного марганца с порошком алюминия и брикетирования

сухих порошков марганца и алюминия, отделения приготовления экзотермических смесей, склады сажи, отделения бакелитовых покрытий, нанесения на изделия эпоксидных смол методом распыления и т.п. Значения нижнего концентрационного предела воспламенения и температуры воспламенения в воздухе некоторых металлических порошков приведены в таблице С.1 приложения С [6].

К **категории В** относят те производства, где используются горючие жидкости с температурой вспышки паров выше 61°С (мазут, минеральные и растительные масла, жиры, смолы и др.). К этой категории относят станции централизованного смазывания, склады масел, помещения масляных трансформаторов, насосные станции, маслотуннели гидравлических систем, маслоохладительные установки, краскозаготовительные, малярные, окрасочные отделения и участки с применением растворителей, имеющих указанную выше температуру вспышки. К категории В также относятся производства, связанные с обращением горючей пыли и волокон, а также твердых сгораемых веществ: бункерные эстакады с подбункерными помещениями доменных печей; отделения изготовления шихты в порошковой металлургии, сушки, отсева, усреднения, хранения порошков, травления чушек магния, разлива магния и его сплавов, электрокабельные и электромашинные помещения, деревообрабатывающие и модельные цеха, аппараты связи, телемеханика, вычислительные центры и помещения ЭВМ.

К **категории Г** относятся доменные и металлоплавильные печи, цеха горячей прокатки,ковки и штамповки металла, плавильные отделения порошковой металлургии, отделения электропечей, горизонтальных и вертикальных конверторов.

К **категории Д** относят цеха холодной обработки металлов (кроме магния и титана), копровые цеха, отделения гидравлической очистки отливок и т.п.

Согласно «Правилам устройства электроустановок» пространство всего помещения или части помещения, в котором могут образовываться взрывоопасные смеси или находятся в обращении горючие материалы, называется соответственно взрывоопасной или пожароопасной зоной. В помещении с производствами категорий А, Б электрооборудование должно удовлетворять требованиям, которые предъявляются к электроустановкам во взрывоопасных зонах. Взрывоопасные зоны разделяют на шесть классов: В-I, В-I а, В-I б, В-I г, В-II, В-II а, а пожароопасные – на четыре класса; П-I, П-II, П-II а, П-III.

Правильное распределение зон на классы является очень важным, так как от этого зависит выбор общепромышленного или взрывозащищенного электрооборудования. Для определения взрывоопасных и пожароопасных зон и выбора вида электрооборудования необходимо использовать данные, которые приведены в СНиП 2.01.02-85.

Огнестойкость зданий, сооружений и конструкций. Степень огнестойкости зданий и сооружений определяется пределами огнестойкости основных строительных конструкций и пределами распространения огня за эти конструкции.

I степень огнестойкости – все основные конструкции изготовленные из негорючих материалов с пределом огнестойкости несущих стен, стен лестничных клеток, колон, противопожарных стен не менее 2,5 часов. Т.е. в зданиях I степени огнестойкости не может быть несущих конструкций (ферм, колон, стен, перегородок и др.), выполненных из открытого незащищенного металла.

II степень огнестойкости – все основные несущие конструкции (кроме внутренних перегородок) также выполняются негорючими, однако в таких зданиях допускается использование стальных не защищенных от огня несущих ферм, а также внутренних перегородок, выполненных из трудногорючих материалов.

III степень огнестойкости – несущие стены, стены лестничных клеток, колонны – негорючие, другие конструкции могут быть трудногорючими, а несущие конструкции укрытия – горючими.

IV степень огнестойкости – все конструкции могут быть трудногорючими, а конструкции крыши – горючими.

Чаще всего проектируемые и сооружаемые здания современных машиностроительных цехов относятся к II степени огнестойкости.

В предотвращении распространения огня по производственному помещению важную роль играют противопожарные преграды. К ним относятся противопожарные стены с пределом огнестойкости не менее 2,5 часов, противопожарные перекрытия и перегородки с пределом огнестойкости 0,75...1 час, противопожарные двери, окна, люки, ворота и тамбур-шлюзы с пределом огнестойкости 0,6...1,2 часа. Противопожарными стенами в производственных зданиях отделяют вентиляционные камеры, аккумуляторные, складские и другие пожароопасные помещения.

V степень огнестойкости – все конструкции могут быть горючими.

Противопожарные мероприятия в технологии производств. Пожарная безопасность технологических процессов производств обеспечивается конструктивными решениями используемых машин и агрегатов, отбором пожаробезопасных схем процессов, использованием контрольно-измерительных приборов и автоматов, обеспечивающих безопасный режим работы оборудования, использованием устройств, которые устраняют механические искрения и снимают напряжение статического электричества, своевременными ревизиями и предупредительными ремонтами оборудования.

Предупреждение пожара достигается принятием мер, направленных на предотвращение образования в горючей среде (или внесения в нее) источников зажигания; поддержание температуры горючей среды ниже максимально допустимой; поддержание давления в горючей среде ниже максимально допустимого и др.

Пожарная защита обеспечивается в результате использования негорючих и трудногорючих веществ и материалов вместо пожароопасных; ограничения количества горючих веществ в производственных помещениях; изоляции горючей среды; предотвращения распространения пожара за пределы очага возгорания; использования средств пожаротушения; применения конструкций с регламентированными пределами огнестойкости и горючести; использования

систем противодымной защиты, средств пожарной сигнализации и средств сообщения о пожаре; организации пожарной охраны объекта.

Ограничение количества горючих веществ и выполнение требований к их размещению достигается регламентацией состава и количества (массы, объема) горючих веществ и материалов, которые находятся одновременно в производственном помещении; аварийного слива пожароопасных жидкостей и аварийного стравливания горючих газов из аппаратуры; противопожарных разрывов и защитных зон; периодичности очистки помещений, коммуникаций аппаратуры от горючих отходов, отложений взрывоопасной, горючей пыли и т.п.; количества рабочих мест, на которых используются пожароопасные вещества; выноса пожароопасного оборудования на открытые площадки.

Изоляция горючей среды обеспечивается одним или несколькими из перечисленных методов: максимальной механизацией и автоматизацией технологических процессов, которые связаны с использованием пожароопасных веществ; установкой пожароопасного оборудования в изолированных помещениях или на открытых площадках; использованием для пожароопасных веществ герметизированного оборудования; использованием изолированных отсеков, камер, кабин и т.п. Предотвращение распространения пожара обеспечивается в результате устройства противопожарных преград (стен, зон, поясов, защитных полос, завес и т.п.); определение предельно допустимой площади противопожарных отсеков и секций; устройство аварийного выключения и переключения аппаратов и коммуникаций; использование средств, предупреждающих или ограничивающих разлив и растекания жидкости при пожаре; использование противопожарных преград (перегородок, затворов, заслонок и др.) и прорывных предохранительных мембран на аппаратуре и коммуникациях.

Средства пожаротушения. В дипломном проекте необходимо определить состав и количество средств пожаротушения, которые необходимо предусмотреть для локализации и прекращения пожара. Предлагаемые средства пожаротушения должны максимально ограничивать размеры пожара и обеспечить его гашение. При этом необходимо определить; виды средств пожаротушения, допустимые и недопустимые для использования при пожаре; вид, количество, размещение и хранение первичных средств пожаротушения; порядок хранения веществ, тушение которых недопустимо теми же средствами; источники и средства подачи воды для пожаротушения.

Все производственные здания, а также отдельные помещения и технологические установки должны быть обеспечены огнетушителями, пожарным инвентарем и инструментом. На предприятиях рекомендуется использовать пенные, жидкостные, углекислотные, углекислотно-бромэтиловые, аэрозольные и порошковые огнетушители.

Необходимое количество средств пожаротушения для помещений, сооружений, участков производственных предприятий определяется согласно типу помещения [5]. Кроме того, на территориях производственных предприятий должно быть установлено специальные пожарные щиты с набором огнетушителей

(пенных – 2, углекислотных – 1), ящиков с песком – 1, листов войлока, асбеста или кошмы – 1, набор пожарного инструмента. Обеспечение пожарными щитами определяется из расчета один щит на площадь до 5000 м². Противопожарные средства, огнетушители должны размещаться на хорошо просматриваемых и легкодоступных местах. Помещения, оборудованные автоматическими установками пожаротушения, обеспечиваются первичными средствами пожаротушения из расчета половины необходимого количества.

Эвакуация людей из производственного помещения. Эвакуационные пути должны обеспечивать эвакуацию через эвакуационные выходы всех людей, которые находились в помещениях зданий и сооружений, в срок предусмотренного времени эвакуации. Количество эвакуационных выходов из здания, помещения и из каждого поверху здания нужно принимать за расчетом, но не меньше двух. Эвакуационные выходы должны располагаться рассредоточено. Двери на путях эвакуации должны приоткрываться за направлением выхода из здания.

Некоторые рекомендации относительно средств пожаротушения приведенные в таблице 1.19 [6].

Таблица 1.19 – Средства пожаротушения по отделениям литейных цехов

Отделение, участок	Материалы, представляющие пожарную опасность, в зоне горения	Средства пожаротушения
Модельное, шихтовое	Дерево, уголь, кокс, каучук, целлулоид и прочее	Вода в виде компактной струи, пена, водной пар
Формовочное, стержневое	Горючие жидкости с температурой вспышки больше 45° (масла, нефть, олифы и прочее)	Распыленная вода
	Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости (ацетон, бензин, бензол, керосин, лаки), материалы (битумы)	Химическая пена Воздушно-механическая пена
	Легковоспламеняющиеся жидкости и трудногораемые материалы	Четыреххлористый углерод
Стержневое	Небольшие очаги пожаров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей	Войлочные кошмы и покрывала
Сушки форм и стержней	Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости (ацетон, бензин, бензол, керосин, лаки), трудногораемые материалы (битумы), угольная пыль	Углекислый газ
Плавильное	Трудногораемые материалы, в том числе металлы	Порошковые сухие огнетушители, сухой песок, флюсы
Точного литья	Очаги пожара в закрытых помещениях	Водяной пар
Все отделения	Электрооборудование	Четыреххлористый углерод

В дипломном проекте необходимо разработать конкретные мероприятия по пожарной безопасности, а именно:

- определить категорию данного производства по взрывной и пожарной опасности;
- обосновать выбор здания по огнестойкости и необходимость противопожарных преград внутри помещения;
- привести характеристику горючих веществ, проанализировать возможные причины пожаров и обосновать мероприятия по их предупреждению;
- обосновать выбор противопожарного оборудования, средств и условий сигнализации и привести их краткую характеристику;
- предложить пути эвакуации людей из производственного помещения.

Пример анализа опасных и вредных производственных факторов при эксплуатации электродуговой печи

При эксплуатации электродуговой печи вместительностью 5 т к постоянно действующим опасным факторам можно отнести следующие: электрический ток высокого напряжения; выплески жидкого металла или шлака; вращение печи, которое может привести к получению травмы в период загрузки шихты, замены электродов, перемешивания жидкого металла в печи, а также при передвижении сталевара вдоль печи. Опасными факторами периодического действия являются: взрывы при падении колец свода, охлаждаемых водой, в ванну печи; прорыв жидкого металла при перегреве кладки, переворачивание печи при попадании жидкого металла на гидравлические устройства.

К вредным производственным факторам при эксплуатации электродуговой печи относят: повышенную запыленность и загазованность воздуха; повышенный уровень шума; повышенную температуру воздуха рабочей зоны, излучение электрической дуги, физическая и нервно-психическая перегрузки.

Например, газ, который выделяется из электродуговой печи, содержит следующие химические вещества: до 68 % CO, до 30 % CO₂, до 21 % O₂, до 30 % N₂ [7]. Кроме того, в газе присутствует до 10 мг/м³ оксидов серы. Также выделяющиеся из печи газы содержат пыль в количестве 50...60 г/м³, которая состоит из оксидов железа, кремния, алюминия, марганца, кальция и др.

По уровню звуковой мощности, который достигает 110 дБА, электродуговая печь вместительностью 5 т значительно превышает предельно допустимый уровень (80 дБА) [8]. В период расплавления металла уровень шума увеличивается до 118 дБА.

Рабочая зона обслуживания печи характеризуется повышенной температурой воздуха (до 30°C) в результате высоких тепловых излучений (до 1000 кДж/м³·ч), которые значительно превышают допустимые значения, составляющие 84 кДж/м³·ч [9].

2 БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

2.1 Факторы, влияющие на устойчивость работы промышленного объекта в условиях ЧС

Актуальность проблемы обеспечения природно-техногенной безопасности населения и территорий обусловлена тенденциями увеличения человеческих потерь и повреждения территорий в результате чрезвычайных ситуаций (ЧС). Риск ЧС природного и техногенного характера неуклонно возрастает.

Чрезвычайная ситуация – нарушение нормальных условий жизни и деятельности людей на объекте, территории, вызванное аварией, катастрофой, стихийным бедствием, эпидемией, эпизоотией, эпифитотией, большим пожаром, применением оружия массового поражения, которые привели или могут привести к человеческим или материальным потерям.

Обеспечение устойчивости работы объекта народного хозяйства в условиях ЧС – одна из основных задач ГО.

Под устойчивостью функционирования объекта понимают способность его в условиях ЧС выпускать продукцию в запланированном объеме и номенклатуре, выполнять все свои функции, а в случае аварии, катастрофы, повреждения – восстанавливать производство в минимально короткие сроки.

На устойчивость функционирования объектов народного хозяйства в условиях ЧС влияют следующие факторы:

- надежность защиты рабочих и служащих от последствий ЧС – аварий, катастроф, от первичных и вторичных факторов ОМП;
- способность инженерно-технического комплекса объекта противостоять этим воздействиям;
- надежность системы снабжения объекта всем необходимым для производства продукции (сырьем, топливом, энергией, газом, водой и т. д.);
- устойчивость и непрерывность управления производством и ГО;
- подготовленность объекта к ведению СидНР и восстановительным работам.

2.2 Анализ устойчивости работы производственного цеха к действию воздушной ударной волны

В дипломном проекте проведен анализ устойчивости работы производственного цеха на случай взрыва 100 т жидкого пропана на расстоянии 405 м, а также предложены меры по повышению устойчивости цеха.

Производственный цех расположен в массивном промышленном здании с металлическим каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью 25...50 т. В цехе расположено следующее оборудование: подъемно-транспортное оборудование, электродвигатели герметичные мощностью до 2 кВт, станки средние. Коммунально-энергетические сети представлены кабельными наземными электролиниями, трубопроводами, углубленными на 20 см, в цехе имеется подвижной железнодорожный состав.

Решение

1 Рассчитаем величину избыточного давления ударной волны в месте расположения объекта, для этого изначально определим, в какой зоне воздействия ударной волны находится объект:

а) определим радиус действия детонационной волны

$$r_1 = 17,5 \sqrt[3]{Q}, \quad (2.1)$$

где r_1 – радиус действия детонационной волны, м;

Q – количество взрывоопасного вещества, т.

$$r_1 = 17,5 \sqrt[3]{100} = 81,2 \text{ м},$$

б) определим радиус действия продуктов взрыва

$$r_2 = 1,7 \cdot r_1, \quad (2.2)$$

где r_2 – радиус действия продуктов взрыва, м;

$$r_2 = 1,7 \cdot 81,2 = 138 \text{ м}.$$

Сравнение величин r_2 и r_1 с расстоянием от центра взрыва до объекта позволяет сделать вывод, что объект находится в третьей зоне – зоне действия воздушной ударной волны.

2 Вычислим величину избыточного давления, для чего сначала рассчитаем относительную величину ϕ

$$\phi = 0,24 \cdot r_3 / r_1, \quad (2.3)$$

где r_3 – расстояние до объекта, который находится в третьей зоне от центра взрыва, м.

$$\phi = 0,24 \cdot 405 / 81,2 = 1,2.$$

Затем, чтобы вычислить избыточное давление ударной волны, воспользуемся одной из нижеприведенных формул, кПа

если $\phi \leq 2$, то

$$\Delta P_\phi = \frac{700}{3(\sqrt{1 + 29,8\phi^3} - 1)}, \quad (2.4)$$

если $\phi > 2$, то

$$\Delta P_\phi = \frac{22}{\phi \sqrt{0,158 + \lg \phi}}, \quad (2.5)$$

где ΔP_ϕ - избыточное давление ударной волны, кПа.

В нашем случае $\phi = 1,54$, т.е. меньше 2, следовательно

$$\Delta P_{\phi} = \frac{700}{3\left(\sqrt{1 + 29,8 \cdot 1,2^3} - 1\right)} = 37,4 \text{ кПа} .$$

3 Составим сводную таблицу 2.1, для этого внесем в нее характеристики элементов объекта. Затем занесем в сводную таблицу с помощью условных обозначений степени разрушения элементов объекта при разных значениях избыточного давлений ударной волны (табл. Т.1 прилож. Т).

Определим предел устойчивости каждого элемента объекта как границу между слабыми и средними разрушениями, занесем полученные цифры в предпоследний столбец графы «Предел устойчивости элемента, кПа».

Среди полученных цифр найдем наименьшую, она и будет пределом устойчивости объекта в целом. Занесем эту цифру в последний столбец графы «Предел устойчивости объекта, кПа». В нашем случае это 25 кПа.

Критерием (показателем) устойчивости объекта к действию ударной волны является значение избыточного давления, при котором здания, сооружения, оборудование объекта сохраняются или получают слабые разрушения.

Это $\Delta P_{\phi \text{ предельное}}$ – предел устойчивости объекта.

В нашем случае

$$\Delta P_{\phi \text{ предельное}} = 25 \text{ кПа}.$$

Таким образом, анализ таблицы показал, что предел устойчивости промышленного объекта к действию ударной волны составляет 25 кПа.

Поскольку на объекте ожидается максимальное избыточное давление 37,4 кПа, а предел устойчивости объекта равен 25 кПа, то объект является неустойчивым к действию ударной волны. Неустойчивыми элементами являются здание цеха и станки средние, кабельные наземные электролинии.

Необходимо повысить устойчивость объекта до 38 кПа.

Для повышения устойчивости объекта предлагаются следующие меры (прилож. У):

– для здания – укрепление несущих элементов конструкции здания дополнительными колоннами и фермами, установка дополнительных перекрытий, подкосов и распорок;

– для станков – надежное крепление станков к фундаменту, устройство контрфорсов, которые повышают устойчивость станков к опрокидыванию, оснащение аварийных складов запчастей и оборудования;

– для кабельных наземных электролиний – углубление в землю.

Таблица 2.1 – Сводная таблица результатов оценки устойчивости объекта к действию ударной волны

Характеристики элементов объекта	Степень разрушения при ΔP_{ϕ} , кПа									Предел устойчивости, кПа	
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	элемента	объекта
Здание: Массивное промышленное здание с металлическим каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью 25...50 т										30	25
Оборудование: средние станки										25	
электродвигатели герметичные мощностью до 2кВт										50	
подъемно-транспортное оборудование										50	
Коммунально-энергетические сети: кабельные наземные электролинии										30	200
трубопроводы, углубленные на 20 см трубопроводы	Выдерживают до 200 кПа									200	
подвижной железно-дорожный состав										40	

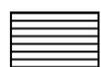
Примечание. Условные обозначения:



слабое разрушение;



сильное разрушение;



среднее разрушение;



полное разрушение.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

- 1 Инженерная экология литейного производства : учеб. пособие / А. Н. Болдин [и др.] ; под общ. ред. А. Н. Болдин. – М. : Машиностроение, 2010. – 352 с. : ил. – ISBN 978-5-94275-523-2.
- 2 Безопасность производственных процессов : справочник / С. В. Белов, [и др.] ; под общ. ред. С. В. Белова. – М. : Машиностроение, 1985. – 448 с. : ил.
- 3 **Сперанский, Б. С.** Охрана окружающей среды в литейном производстве / Б. С. Сперанский, Б. Ф. Туманский. – Киев ; Донецк : Вища шк. Головное издательство, 1985. – 80 с.
- 4 Безопасность жизнедеятельности : учебник для вузов / С. В. Белов [и др.] ; под общ. ред. С. В. Белова. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Высш. шк., 1999. – 448 с. : ил. – ISBN 5-06-003605-7.
- 5 Практикум з охорони праці : навчальний посібник / В. Ц. Жидецький [та ін.]; за ред. В. Ц. Жидецького. – Львів : Афіша, 2000. – 352 с. – SBN 966-7760-09-X.
- 6 Методические указания к выполнению раздела «Пожарная безопасность в дипломных проектах (для студентов всех специальностей) / сост. Г. И. Чижиков. – Краматорск : КИИ, 1988. – 35 с.
- 7 **Юдамехин, М. Я.** Пылеулавливание и очистка газов в черной металлургии / М. Я. Юдамехин. – М. : Металлургия, 1984. – 320 с.
- 8 **Бринза, В. Н.** Охрана труда в черной металлургии / В. Н. Бринза, М. М. Зинковский. – М. : Металлургия, 1982. – 336 с.
- 9 **Бабалов, А. Ф.** Промышленная защита в металлургии / А. Ф. Бабалов. – М. : Металлургия, 1972. – 360 с.
- 10 Методические указания к выполнению раздела «Охрана окружающей среды» дипломного проекта (для студентов всех специальностей) / сост. Г. И. Чижиков. – Краматорск : КИИ, 1991. – 24 с.
- 11 Методические указания к курсовому и дипломному проектированию по дисциплине «Гражданская оборона» для студентов заочной формы обучения / сост. Л. В. Дементий, А. Е. Поляков, А. А. Кузнецов – Краматорск : ДГМА, 2004. – 32 с.

Дополнительная литература

- 12 **Глиняна, Н. М.** Охорона праці у ливарному виробництві : курс лекцій для студентів вищих навчальних закладів напряму 0904 «Металургія» / Н. М. Глиняна. – Краматорськ : ДДМА, 2009. – 184 с. – ISBN 978-966-379-341-2.
- 13 Безопасность жизнедеятельности в машиностроении / под ред. Ю. М. Соломийцева. – М. : Высш. шк., 2002. – 310 с. – ISBN 5-06-004078-8.
- 14 **Ефанов, П. Д.** Техника безопасности и производственная санитария в черной металлургии : справочник / П. Д. Ефанов, Н. Н. Карнаух. – М. : Металлургия, 1980. – 406 с. : ил.

Приложение А

Таблица А.1 – ПДК некоторых загрязняющих веществ в атмосферном воздухе для населенных мест [2]

Вещество	ПДК, мг/м ³			Класс опасности	Агрегатное состояние
	в воздухе рабочей зоны	в воздухе населенных мест			
		максимальная разовая	среднесуточная		
1	2	3	4	5	6
Азота окислы (в пересчете на NO ₂)	2	0,04	0,085	2	п
Акролеин	0,2	0,03	0,03	2	п
Алюминия окись в виде аэрозолей дезинтеграции (глинозем, электрокорунд, монокорунд)	6	–	–	4	а
Алюминия окись, в том числе с примесью двуокиси кремния в виде аэрозоля конденсации	2	–	–	4	а
Алюминия окись (электрокорунд) в смеси со сплавом никеля до 15%	4	–	–	4	а
Аммиак	20	0,04	0,2	4	п
Ангидрид сернистый (SO ₂)	10	0,05	0,5	3	п
Ацетон	200	0,35	0,35	4	п
Бензол ⁺	5	0,1	1,5	2	п
3,4 – Бензпирен	0,00015	0,1 мкг/100 м ³	–	1	а
Керосин (в пересчете на С)	300	–	–	4	п
Кремния двуокись кристаллическая (SiO ₂)	1	0,05	0,15	3	а

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6
Кремния карбид (карборунд)	6	–	–	4	а
Марганец (в пересчете на MnO)	0,3	0,001	0,01	2	а
Никеля окись (в пересчете на Ni)	0,5	0,001	–	2	а
Сажа	4	0,05	0,15	3	а
Сероводород ⁺	10	0,008	0,008	2	п
Сероуглерод	1	0,005	0,03	2	п
Спирт амиловый	10	0,01	0,01	3	п
Спирт метиловый	5	0,5	1,0	3	п
Спирт пропиловый	10	0,3	0,3	3	п
Спирт этиловый	1000	5,0	5,0	4	п
Титан и его двуокись	10	–	–	4	а
Толуол	50	0,6	0,6	3	п
Углерода окись (CO)	20	3,0	5,0	4	п
Углерода пыль (кокс)	6	–	–	4	а
Формальдегид	0,5	0,003	0,035	2	п
Хлор	1	0,03	0,1	2	п
Хрома окись	1	–	–	2	а
Цинка окись	0,5	0,05	–	2	а
Чугун	6	–	–	4	а

Примечание: + – вещество опасно при поступлении через кожу. Агрегатное состояние: п – пары или газы, а – аэрозоли.

Приложение Б

Таблица Б.1 – Выделение пыли при изготовлении и использовании стержней и форм [1]

Технологический процесс, оборудование	Выделение пыли	
	на единицу перерабатываемого материала, г/кг	на единицу работающего оборудования, кг/ч
1	2	3
Транспортировка формовочных и стержневых материалов		
Загрузка и выгрузка исходных материалов в желоба при перегрузках и транспортировании:		
кусовых материалов	0,9...1,4	2,7...4,3
порошкообразных материалов	2,0...4,2	6,1...9,3
горелой земли	6,0...10,0	1,9...3,1
Пересыпка на конвейеры:		
кусовых материалов	0,6...0,8	1,8...2,1
порошкообразных материалов	1,3...1,5	4,0...4,6
горелой земли	0,4...0,6	1,2...1,5
Местные отсосы укрытий конвейеров, питателей и дозаторов:		
кусовых материалов	0,3...0,5	1,0...1,5
порошкообразных материалов	0,4...1,1	2,6...3,2
горелой земли	0,2...0,3	4,0...8,0
Сушка формовочных и стержневых материалов		
Горизонтальное барабанное сушило:		
для песка	0,3...0,7	3,0...7,0
для глины	2,0...3,0	6,0...10,0
Установка для сушки песка:		
в потоке горячих газов	1,8...2,4	7,0...9,0
в кипящем слое	1,2...1,4	12,0...14,0
вертикальная	0,5...1,0	1,1...2,1
Размол формовочных и стержневых материалов (угля, глины, кварца):		
шаровые мельницы производительностью до 1 т/ч	4,0...10,0	2,0...4,0
молотковые мельницы производительностью до 2 т/ч	6,0...8,0	12,0...15,0
молотковые дробилки производительностью до 5 т/ч	4,0...5,0	20,0...25,0

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3
Приготовление смесей		
Сита: вибрационные плоские механические барабанные (полигональные и цилиндрические)	3,0...5,0 6,0...7,0 2,0...3,0	12,0...15,0 21,0...24,0 13,0...17,0
Смесители: периодического действия с вертикальными катками (бегуны) производительностью 50 т/ч периодического действия с горизонтальными катками (центробежные) производительностью до 50 т/ч тарельчатые (бегуны) производительностью до 20 т/ч грохоты бункера формовочных смесей	0,4...1,0 0,6...1,2 0,2...0,6 — —	20,0...25,0 15,0...25,0 4,0...8,0 30,0...36,0 6,0...8,0
Выбивка форм и стержней		
Подвесные вибраторы при высоте опоки над решеткой до 1 м	8,0...1,0	12,0...16,0
Выбивающие эксцентриковые решетки грузоподъемностью до 2,5 т	3,5...6,0	8,6...11,0
Выбивные инерционные решетки грузоподъемностью до 10 т	6,2...10,0	22,0...25,0
Выбивные инерционно-ударные решетки грузоподъемностью до 30 т	14,0...22,0	до 100,0

Таблица Б.2 – Основные вредные вещества, выделяющиеся при изготовлении отливок [1]

Связующие		Основные вредные вещества	
Тип, класс	Основные марки	при изготовлении стержней и форм	при заливке, охлаждении и выбивке форм
Безмасляные «крепители»	КО, УСК-1, П, СКТ-11, ЛСТ	Акролеин, метанол, формальдегид, фурфурол, фенол, фуриловый спирт	Оксид углерода, оксиды серы, предельные углеводороды
Фенолоформальдегидные	Фенолоспирт, СФ-015, СФ-011, СФ-262, СФ-480, СФ-1, СФ-3042	Аммиак, ацетон, метанол, формальдегид, фенол	Оксид углерода, аммиак, ацетон, метанол, бензол, углеводороды, цианиды, сернистый ангидрид
Фенолофурановые	ФФ-65, ФФ-65С	Метанол, формальдегид, фенол, фурфурол, фурфуриловый спирт	Оксид углерода, метанол, формальдегид, фенол, бензол, предельные углеводороды, фурфурол, фурфуриловый спирт, сернистый ангидрид
Карбамидоформальдегидные	КФ-МТ, М-19-62, УКС, М-3, КФ-Ж	Метанол, формальдегид, аммиак	Оксид углерода, метанол, формальдегид, предельные углеводороды, аммиак, цианиды, окислы азота, фосфорный ангидрид
Карбамидофурановые	КФ-90, БС-40, УКС с фуриловым спиртом, КФ-МТ с фуриловым спиртом	Метанол, формальдегид, фурфурол, фурфуриловый спирт	Оксид углерода, метанол, формальдегид, предельные углеводороды, аммиак, цианиды, окислы азота, фурфурол, фурфуриловый спирт, фосфорный ангидрид
Фенолокарбамидоформальдегидные	ТОЛ, ФМЛ, СФ-411, ФПР-24, КФФ-Л	Метанол, формальдегид, фенол, аммиак	Оксид углерода, метанол, формальдегид, предельные углеводороды, аммиак, цианиды, окислы азота

Таблица Б.3 – Краткая токсикологическая характеристика вредных веществ [1]

Вещество	ПДК, мг/м ³	Класс опасности	Характер токсического действия
1	2	3	4
Оксиды азота (в пересчете на NO ₂)	5	3	Оказывает выраженное раздражающее и прижигающее действие на дыхательные пути, поражают альвеолярную ткань, что приводит к отеку легких; оказывают действие на артерии, вызывают расширение сосудов и снижение кровяного давления
Акролеин	0,2	2	Оказывает сильное раздражающее действие на слизистые оболочки; некоторое общее токсическое и слабое наркотическое действие
Аммиак	20	4	Оказывает раздражающее действие; в высоких концентрациях возбуждает нервную систему и вызывает судороги
Ацетон	200	4	Оказывает наркотическое действие; при выдыхании в течение длительного времени накапливается в организме, медленное выведение из организма увеличивает опасность хронического отравления
Бензол	5	2	Оказывает наркотическое (отчасти судорожное) действие на центральную нервную систему, хроническое отравление может привести к смерти
Метанол	5	3	Сильный яд с резко выраженным кумулятивным действием; оказывает сильное раздражающее действие на слизистые оболочки дыхательных путей и глаз
Сернистый ангидрид	10	3	Оказывает сильное раздражающее действие на дыхательные пути, нарушает обменные и ферментные процессы

Продолжение таблицы Б.3

1	2	3	4
Предельные углеводороды (в пересчете на углерод)	300	4	При высоких концентрациях в воздухе оказывает наркотическое действие
Оксид углерода	20	4	Вытесняет кислород из оксигемоглобина крови, что препятствует переносу кислорода из легких к тканям; понижает содержание кислорода в крови, вызывает удушье. Оказывает токсическое действие на клетки, нарушая тканевое дыхание и уменьшая потребление тканями кислорода
Фенол	0,3	2	Сильный яд, оказывает общетоксическое действие, может всасываться через кожу
Формальдегид	0,5	2	Оказывает раздражающее действие на кожу и слизистые оболочки, обладает большой ядовитостью
Фосфорный ангидрид	1,0	2	Оказывает раздражающее действие на слизистые оболочки
Фурфуро-вый спирт	0,5	2	Оказывает угнетающее действие на центральную нервную систему, дыхание, снижает температуру тела, вызывает головокружение, тошноту
Фурфурол	10	3	Яд, вызывающий паралич, оказывает слабое раздражающее действие на слизистые оболочки

Приложение В

Таблица В.1 – Общая характеристика выбросов от вагранок [1]

Производительность вагранки, т/год	Показатели						
	Диаметр шахты вагранки, мм	Объем отходящих газов, тыс. м ³ /год	Температура газов (после искрогасителя), °С	Среднее количество вредных веществ, кг/год			
				Пыль	СО	SO ₂	NO _x
2	600	2,3	160	23	130	3	0,10
3	700	3,2	160	30	190	5	0,15
4	800	4,1	170	40	300	6	0,25
5	900	5,4	180	55	370	8	0,30
7	1100	7,8	200	80	500	11	0,45
10	1300	11,0	250	100	700	13	0,80
15	1500	14,5	250	140	920	17	1,20
20	1800	20,5	300	200	1100	30	1,80
25	2100	27,0	300	200	1500	32	2,20

Таблица В.2 – Дисперсный состав ваграночной пыли, % [1]

Дутье	Диаметр частиц, мкм					
	5	5...10	10...20	20...40	40...60	60
Холодное	5...14	2...12	5...6	6...12	12...26	70...30
Горячее	15...17	13...20	4...16	5...13	10...16	53...18

Таблица В.3 – Химический состав ваграночной пыли, % [1]

Компоненты пыли	Среднее значение	Предельные значения	Компоненты пыли	Среднее значение	Предельные значения
SiO ₂	30	10...45	С	30	10...64
CaO	4	2...18	PbO	–	до 8
Al ₂ O ₃	3	0,5...25	P ₂ O ₅	0,4	–
MgO	2	0,5...5	Na ₂ O	1,5	–
Fe(Fe ₂ O ₃ , FeO)	14	5...26	K ₂ O	1,0	–
MnO	2	0,5...9			

Приложение Г

Таблица Г.1 – Удельные выделения загрязняющих веществ при плавке чугуна в открытых чугунолитейных вагранках и электродуговых печах [3]

Тип плавильного аппарата	Удельное содержание загрязняющего вещества, кг/т				
	Пыль	Оксид углерода	Углеродороды	Оксиды азота	Диоксид серы
Открытая вагранка	19	200	2,4	0,014	1,5
Электродуговая печь, производительностью 7 т/ч	8,1	1,5	–	0,29	–

Таблица Г.2 – Количество выбрасываемых газов и пыли из дуговых печей различной вместимости [3]

Вместимость печи, т	Количество газов, выбрасываемых из печи, м ³ /ч		Средняя запыленность газов, г/м ³	Удельный выброс пыли, кг/т
	без подсоса воздуха	с подсосом воздуха		
5	700	2000	27	9,4
10	1100	4000	22	8,8
20	2200	8000	18	8,1
40	3900	16000	15	7,0
100	7800	40000	14	6,6

Таблица Г.3 – Химический состав (% масс.) пыли, выделяющейся при плавке в ЭДП [1]

Вещество	ЭДП вместимостью, т		
	3	6	6
	с футеровкой		
	кислой	кислой	основной
SiO ₂	25,340	27,100	0,100
ZnO	12,700	13,000	7,400
Fe ₂ O ₃	54,700	56,500	44,000
CaO	0,710	0,500	14,900
Pb	0,563	0,334	1,432
Cd	0,004	0,004	0,014
Cr	0,085	0,091	0,144
Mn	9,120	4,63	4,340

Таблица Г. 4 – Удельные выделения загрязняющих веществ, кг/т, при выплавке стали и чугуна в индукционных печах [1]

Вредные выбросы	Выплавка стали	Выплавка чугуна
Пыль	0,64...2,12	0,75...1,5
Оксид углерода	0,1...0,16	0,1...0,13
Окислы азота	0,06...0,09	0,06...0,08
Прочие	0,15...0,26	0,12...0,21

Приложение Д

Таблица Д.2 – Удельные выделения загрязняющих веществ, кг/т, при плавке цветных металлов и сплавов [3]

Тип плавильного аппарата	Удельное содержание загрязняющего вещества, кг/т				
	Пыль	Оксиды азота	Диоксид серы	Оксид углерода	Прочие вещества
Индукционные печи	1,2	0,7	0,4	0,9	0,2
Электродуговые печи	1,8	1,2	0,8	1,1	0,3
Печи сопротивления	1,5	0,5	0,7	0,5	0,3
Газомазутные плавильные печи (плавка алюминия)	2,8	0,6	0,6	1,4	0,18

Приложение Е

Таблица Е.1 – Количество окиси углерода, которая выделяется при заливке металла в формы [4]

Масса отливки, т	СО, кг/т
0,1	1,05
0,2...0,3	0,90
0,5...1	0,75
1...2	0,70
5	0,55
10	0,5
20	0,4

Таблица Е.2 – Удельное газовыделение, мг/(кг·ч), при заливке и охлаждении форм и стержней из ХТС [1]

Связующие	Оксид углерода	Метанол	Фенол	Бензол	Формальдегид	Фурфурол	Аммиак	Цианиды	Приведенное (в пересчете на СО)
Карбамидоформальдегидные:									
М-3	45,6	72,3	–	–	46,3	–	383,0	107,9	9800
ВК-1	61,6	41,7	–	–	39,4	–	205,8	75,5	7000
Карбамидофурановые:									
КФ-90	587,1	12,1	–	–	–	0,2	190,1	56,2	4600
БС-40	146,1	20,9	–	–	0,1	0,1	815,3	84,5	6700
Фенолформальдегидные:									
РСФ-3010	551,2	5,5	389,7	418,3	–	–	–	–	28200
СФ-3042	498,6	15,8	222,5	419,4	–	–	–	–	17100
Фенолформальдегидофурановые «Фуритол-68»	1754,9	22,1	38,4	278,1	1,5	1,1	–	–	5700
Фурановые ПФС	173,9	5,4	–	538,6	–	0,9	–	–	2400
Карбамидофенолоформальдегидные КФФ-Л	461,8	192,4	66,0	15,8	–	–	629,2	698,0	

Примечания:

1 В качестве катализатора для всех карбамидоформальдегидных смол и КФФ-Л использовалась ортофосфорная кислота; для всех фенолформальдегидных – бензолсульфоуксусная кислота.

2 Содержание связующего в смеси 3 мас. ч. на 100 мас. ч. песка, во всех остальных смесях – не более 2 мас. ч.

Приложение Ж

Таблица Ж.1 – Интенсивность выделения вредных веществ при изготовлении стержней [4]

Связующие вещества	Интенсивность выделения вредных веществ	
	При заполнении ящиков смесью, мг/(кг·ч)	При отверждении смеси, мг/(дм ² ·ч)
Фенолформальдегидные (ОФ-1)	9,2	1,46
Карбамидоформальдегидные (УКС)	215	37,8
Карбамидофурановые (БС-40)	41	5,7
На основе синтетических смол УГТС	61	10,3

Таблица Ж.2 – Удельное газовыделение при изготовлении форм и стержней из ХТС [1]

Связующие	Удельное газовыделение									
	при заполнении ящиков смесью, мг/(кг·ч)					при отверждении смеси, мг/(дм ² ·ч)				
	Формальдегид	Метанол	Фенол	Фурфурол	Приведенное	Формальдегид	Метанол	Фенол	Фурфурол	Приведенное
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Карбамидоформальдегидные:										
М-3	0,66	124,2	–	–	13,1	0,09	20,07	–	–	2,2
ВК-1	1,20	104,7	–	–	10,6	0,15	16,1	–	–	1,8
Карбамидофурановые:										
КФ-90	2,90	280,8	–	0,72	31,0	0,30	43,6	–	0,09	4,7
БС-40	3,00	186,0	–	0,45	21,7	0,30	21,8	–	0,04	2,5
КФ-Ж (с фуриловым спиртом)	0,20	108,0	–	0,50	11,1	0,03	16,6	–	0,03	1,7

Продолжение таблицы Ж.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Фенолформальдегидные:										
РСФ-3010	4,90	11,7	1,30	–	9,2	0,08	2,0	0,20	–	1,5
СФ-3042	2,00	41,4	2,10	–	11,1	0,30	6,2	0,30	–	1,5
Фенолфурановые типа ФФ-65	1,10	25,2	0,50	–	4,5	0,10	2,9	0,01	–	0,6
Полифурановые ПФС	0,80	0,8	–	4,00	11,0	0,09	0,1	–	0,50	1,3
Карбамидофено- лоформальдегид- ные КФФ-Л	12,0	148,8	0,96	–	28,5	2,23	25,2	0,11	–	5,0

Примечания:

1 В качестве катализатора для всех карбамидоформальдегидных смол и КФФ-Л использовалась ортофосфорная кислота; для всех фенолформальдегидных – бензолсульфо кислота.

2 Содержание связующего в смеси 3 мас. ч. на 100 мас. ч. песка, во всех остальных смесях – не более 2 мас. ч.

Таблица Ж.3 – Газовыделение и условная токсичность при тепловом отверждении смесей (240°C) [1]

Связующее		Газовыделение, мг/кг					Условная токсичность при отверждении смеси
Марка	Содержание в смеси, %	Формальдегид	Фурфурол	Акролеин	Метанол	Фурфуриловый спирт	
КО	2,0	7,8*/1,2	0,7/0,10	27,0/0,5	7/0,7	–	152,1
КО + ЛСТ	2,0 + 3,0	20,9/2,9	6,1/0,50	27,7/2,0	123/19,0	–	205,5
УСК-1	2,0	7,1/0,6	0,6/0,4	25,0/0,9	4/0,7	–	140,1
УСК-1 + ЛСТ	2,0 + 3,0	16,0/2,7	6,5/0,30	24,0/0,8	100/15,2	–	172,7
СКТ-11	2,0	12,4/2,4	2,3/0,20	20,6/0,7	3,2/0,5	115/2,6	358,6
СКТ-11 + ЛСТ	2,0 + 3,0	31,7/4,1	4,5/1,10	25,6/1,3	108/0,5	89/11,7	391/4
ЛСТ	5,0	7,0/1,7	5,9/0,50	–	100/22,6	–	34/6

Примечание: * В числителе приведено значение при отверждении смеси, в знаменателе – при охлаждении.

Приложение К

Таблица К.1 – Выделение загрязняющих веществ при сушке форм и стержней [4]

Тип оборудования	Выделение веществ, кг/т						
	СО	NO	SO ₂	HF	Формальдегид	CH ₄	Акролеин
Горизонтальные конвейерные сушила	0,511	0,253	0,140	–	0,080	0,031	0,086
Конвейерные сушила	0,4	0,013	-	0,017	–	–	–
Вертикальные сушила	0,119	0,032	0,097	0,016	–	–	–
Камерные сушила	0,055-0,070	0,012	0,102	–	–	0,033	–

Приложение Л

Таблица Л.1 – Количество и дисперсный состав пыли, удаляемой от основных видов технологического оборудования литейных цехов [3]

Наименование оборудования	Количество пыли, мг/м ³	Дисперсный состав пыли (в % по массе) при размерах частиц, мкм						Объем отсасываемого воздуха, м ³ /ч
		до 5	5...10	10...20	20...40	40...60	более 60	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Склады шихты и формовочных материалов								
Дробилки щековые производительностью 30 т/ч	1600	2,60	10,00	18,2	30,40	18,30	20,50	500...2000
Мельницы шаровые производительностью 75 кг/ч	9000	45,00	27,30	19,20	5,00	2,50	1,00	900
Сушилка для песка и глины, м:								
d _c = 0,8, l _c = 4	–	–	–	–	–	–	–	1450
d _c = 1,2, l _c = 6	–	–	–	–	–	–	–	3250
d _c = 1,4, l _c = 7	300...500	–	–	–	–	–	100,00	4400
d _c = 1,6, l _c = 8	–	–	–	–	–	–	–	5700
d _c = 4, l _c = 10	–	–	–	–	–	–	–	8000
Смесеприготовительное отделение								
Бегуны смешивающиеся с вертикально вращающимися катками	1000	1,00	9,00	20,00	21,00	18,90	30,10	3000
То же, с горизонтально вращающимися катками	1000	1,00	9,00	20,00	20,00	20,00	30,00	15000, 18000

Продолжение таблицы Л.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сита плоские вибрационные (инерционные) С12-19 и плоские механические (качающиеся) СМ-50	2000	11,50	2,00	43,10	29,21	4,01	39,58	600...3000
Сита барабанные (полигональные) при просеивании материалов: холодных с температурой более 50°С	2000	–	2,00	9,5	17,40	20,70	50,40	1200...1500
	3000	0,50	12,00	30,50	24,50	15,00	18,00	1500...2000
Конвейеры ленточные	1000	–	–	–	–	–	–	более 300 на 1 м
Элеваторы ковшовые для сыпучих материалов: отсос от башмака при перемещении холодного материала отсос от головки при перемещении материала с температурой более 50°С	1000	–	0,80	4,00	18,00	21,40	55,80	по расчету
	2000	–	2,20	10,80	14,90	32,40	39,70	то же
Узлы пересыпания сухих сыпучих материалов	1000	3,40	4,00	17,40	21,80	8,40	45,00	то же

Продолжение таблицы Л.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Бункеры для оборотной формовочной смеси, сухого песка и сухой глины, загружаемые: через течи с ленточных конвейеров	2000	–	1,20	2,20	5,60	17,00	74,20	то же
	2000	0,30	1,00	3,40	7,00	15,90	72,40	то же
Отделение выбивки форм и стержней								
Решетки для выбивки форм высотой: от 30...60% ширины решетки 35% ширины решетки	800	6,00	8,00	22,00	26,00	23,00	15,00	12000
	2500	0,12	2,98	6,00	25,00	4,00	26,00	12000
Выбивные решетки площадью более 3 м ²	2500	5,80	7,80	30,20	23,60	11,60	21,00	16000
Станки вибрационные	2500	–	–	–	–	–	–	8000
Отделение обрубки, очистки отливок								
Барабаны очистные галтовочные периодического действия	3000	7,40	10,40	28,30	27,40	12,20	14,30	1800D ²
Камеры дробеструйные различных типов	3000...5150	0,50	2,50	11,00	20,90	40,10	25,00	1000...18000

Продолжение таблицы Л.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Станки обдирочно-шлифовальные	250...600	13,04	12,06	22,80	22,92	21,74	7,44	–
Установки для очистки мелкого литья	1000	6,70	5,50	24,70	9,00	2,50	31,60	3200
Барабаны очистные галтовочные модели 314	12500	1,60	8,30	27,40	29,73	17,30	15,70	11000
Машины очистные дробебетные	6000	0,70	1,70	8,50	14,00	21,40	51,00	6000
Барабаны дробебетные очистные	5400	0,70	3,00	14,60	39,10	21,20	21,40	8000
Столы дробебетные очистные	5650	–	1,00	10,00	10,50	11,30	67,20	6000
Камеры дробебетные очистные различных типов	4900...5500	1,00	2,00	12,00	13,80	30,70	40,50	8000...10000

Приложение М

Таблица М.1 – Выделение загрязняющих веществ при выбивке форм и стержней [10]

Оборудование	Выделение веществ, кг/т				
	Пыль	СО	SO ₂	NO _x	NH ₃
Подвесные вибраторы при высоте опоки над решеткой не менее 1 м	9,97	1,2	0,04	0,2	0,4
Решетки выбивные эксцентриковые производительностью до 2,5 т/год	4,8	1,0	0,03	0,2	0,3
Решетки выбивные инерционные грузоподъемностью, т/год до:					
– 10	7,9	1,1	0,03	0,2	0,4
– 20	10,2	1,2	0,04	0,3	0,6
– 30	22,3	1,2	0,04	0,3	0,6

Приложение Н

Таблица Н.1 – Концентрация пыли в воздухе и удельные выбросы пыли при различных способах очистки отливок [3]

Оборудование	Запыленность воздухе, мг/м ³	Количество выделяющейся пыли, кг/т литья	Количество отсасываемого воздуха, м ³ /ч
Очистные барабаны	4000...7000	4...7	1800D*
Обдирочные станки	25...440	0,4...7	1700
Дробеметные аппараты	5...60	0,08	17000
Дробеструйные камеры	53...76	0,04...0,06	–

Примечание: D* – диаметр барабана, м.

Приложение II

Таблица П.1 – Допустимые уровни звукового давления и эквивалентные уровни звука на рабочих местах [1]

Рабочие места	Уровень звукового давления, дБ в октавных полосах со среднегеометрической частотой, Гц									Уровень звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
В производственных помещениях цеха	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
За пультами в кабинах наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону; в помещениях лабораторий с шумным оборудованием, в помещениях для размещения шумных агрегатов вычислительных машин	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
В помещениях с речевой связью	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
В помещениях цехового управленческого аппарата, в рабочих комнатах конторских помещений, лабораториях	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60

Приложение Р

Таблица Р. 1 – Уровни звуковой мощности оборудования литейного цеха, L_N , дБ [2]

Оборудование	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц								Уровни звука
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Электропечь									
ДС-2	100	99	98	100	102	101	95	88	107
ДС-3	107	105	107	106	101	100	97	88	111
ДС-5	109	111	109	110	110	97	91	85	113
Бегуны									
размалывающие	100	103	102	97	90	88	85	79	98
смешивающие	106	104	104	113	99	95	86	79	104
Ленточный конвейер	105	106	107	99	96	92	89	85	103
Формовочная машина:									
266	110	109	103	110	111	105	104	102	117
234 (234 М)	113	110	113	114	112	109	107	100	119
Шаровая мельница									
типа:									
СМ-15	101	103	104	107	110	109	104	95	117
СМ-174	99	115	117	123	123	121	117	107	127

Продолжение таблицы П. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Очистной барабан	101	105	107	113	116	113	106	96	119
Пескомет мод. 296 М	104	110	113	105	100	96	94	91	108
Вибрационное плоское сито СМ 50	107	111	108	104	101	104	98	94	110
Трамбовка ТР-1	88	91	93	96	90	96	86	77	97
Пневматическая выбивная решетка	108	115	115	113	112	113	106	96	115
Инерционная решетка ИР-410:									
– пустая	98	99	102	107	110	111	96	96	113
– нагруженная	111	113	113	118	117	115	110	101	121

Приложение С

Таблица С.1 – Значение НКПВ и температура воспламенения ($t_{\text{воспл}}$) для металлических порошков [6]

Порошки (мельче 50 мкм)	НКПВ	Температура воспламенения, $t_{\text{воспл}}$, °С
Алюминий: распыленный	750	40
толченый	470	35
Магний: распыленный	490	10
молотый	475	20
толченый	480	20
Железо, восстановленное: водородом	290	120
углеродом	390	250
Железо: карбонильное	230	105
электролитическое	320	200
Титан	380	45
Цирконий	190	40
Ферромарганец ФМн78К	270	370
Силикокальций СК 25	42	490
Марганец металлический	190	320
Ферросилиций ФС75	150	1000

Приложение Т

Таблица Т.1 – Степени разрушения элементов объекта при различных избыточных давлениях фронта ударной волны

№ п/п	Элементы объекта	Разрушения			
		слабые	средние	сильных	полные
1	2	3	4	5	6
Производственные здания					
1	Массивные промышленные здания с металлическим каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью 25...50 т	20...30	30...40	40...50	50...70
2	Массивные промышленные здания с металлическим каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью 50...100 т	30...40	40...50	50...60	60...80
3	Промышленные здания с металлическим каркасом и бетонным заполнением стен с площадью остекления около 30 %	10...20	20...30	30...40	40...50
4	Доменные печи	20...40	40...80	80...100	Более 100
Некоторые виды оборудования					
1	Станки тяжелые	25...40	40...60	60...70	Более 70
2	Станки средние	15...25	25...35	35...45	Более 45
3	Станки легкие	6...12	12...15	15...25	Более 25
4	Краны и крановое оборудование	20...30	30...50	50...70	Более 70
5	Подъемно-транспортное оборудование	20...50	50...60	60...80	Более 80

Продолжение таблицы Т.1

1	2	3	4	5	6
6	Ленточные конвейеры на железобетонных эстакадах	5...6	6...10	10...20	20...40
7	Гибкие шланги для транспортировки сыпучих материалов	7...15	15...25	25...35	35...45
8	Электродвигатели мощностью до 2 кВт открытые	20...40	40...50	–	50...80
9	Электродвигатели мощностью до 2 кВт герметичные	30...50	50...70	–	80...100
10	Электродвигатели мощностью от 2 кВт до 10 кВт открытые	30...50	50...70	–	80...100
11	Электродвигатели мощностью от 2 кВт до 10 кВт герметичные	40...60	60...75	–	75...110
12	Электродвигатели мощностью 10 кВт и больше, открытые	50...60	60...80	–	80...120
13	Электродвигатели мощностью 10 кВт и больше, герметичные	60...70	70...80	–	80...120
14	Трансформаторы от 100 до 1000 кВт	20...30	30...50	50...60	Более 60
15	Генераторы на 100...300 кВт	10...25	25...35	35...50	50...70
16	Открытые распределительные устройства	15...25	25...35	–	–
17	Масляные выключатели	5...6	6...10	10...20	20...40
18	Контрольно-измерительная аппаратура	5...10	10...20	20...30	Более 30
19	Магнитные пускатели	20...30	30...40	40...60	–
20	Стеллажи	10...25	25...35	35...50	50...70
Коммунально-энергетические сети и транспорт					
1	Трансформаторные подстанции закрытого типа	30...40	40...60	60...70	70...80
2	Кабельные подземные линии	200...300	300...600	600...1000	Более 1000
3	Кабельные наземные линии	10...30	30...50	50...60	Более 60
4	Воздушные линии высокого напряжения	25...30	30...50	50...70	Более 70

Продолжение таблицы Т.1

1	2	3	4	5	6
5	Воздушные линии низкого напряжения	20...60	60...100	100...160	Более 160
6	Подземные чугунные и керамические трубопроводы	200...600	600...1000	1000...1200	Более 1200
7	Трубопроводы, углубленные на 20 см	150...200	250...300	300...500	Более 500
8	Трубопроводы наземные	20...50	50...130	Более 130	–
9	Трубопроводы на металлических или железобетонных эстакадах	20...30	30...40	40...50	–
10	Котельная	7...13	13...25	25...35	35...45
11	Подземные стальные трубопроводы диаметром до 350 мм	600...1000	1000...1500	1500...2000	Более 2000
12	Подземные стальные трубопроводы диаметром более 350 мм	200...350	350...600	600...1000	Более 1000
13	Водопровод заглубленный	100...200	200...1000	1000...1500	Более 1500
14	Подземные резервуары	20...50	50...100	100...200	Более 200
15	Частично углубленные резервуары	40...50	50...80	80...100	Более 100
16	Наземные резервуары	30...40	40...70	70...90	Более 90
17	Грузовые автомобили	20...30	30...50	55...665	Более 65
18	Гусеничная техника	30...40	40...80	80...100	Более 100
19	Железнодорожные пути	100...150	150...200	200...300	300...500
20	Подвижной железнодорожный состав	30...40	40...80	80...10	100...200
21	Металлические мосты с прогоном 30...45 м	50...100	100...150	150...200	Более 200

Приложение У

Мероприятия по повышению устойчивости элементов объекта

Мероприятия по повышению устойчивости здания:

- укрепление несущих конструкций здания установкой дополнительных колонн или ферм;
- укрепление цокольного этажа стойками и прогонами;
- установление новых перекрытий, подкосов, распорок;
- установление дополнительных связей между отдельными элементами сооружения;
- уменьшение прогона несущих конструкций установлением контрфорсов.

Мероприятия по повышению устойчивости оборудования, оргтехники, коммунальных сетей:

- прочное крепление оборудования на фундаменте;
- установка контрфорсов, которые повышают устойчивость станков к опрокидыванию;
- установка над оборудованием специальных защищающих конструкций;
- углубление наземных электролиний или трубопроводов в землю;
- установка дополнительных силовых элементов (для металлических конструкций);
- оснащение аварийного склада запасных частей и оборудования.

Приложение Ф

Таблица Ф. 1 – Государственные нормативно-правовые акты по охране труда (выдержка из Государственного реестра нормативно-правовых актов по вопросам охраны труда состоянием на 07.08.2008)

Позначення нормативного акта	Назва нормативного акта	Затвердження	
		Дата, номер документа	Організація
1	2	3	4
НОРМАТИВНО-ПРАВОВІ АКТИ, ДІЯ ЯКИХ ПОШИРЮЄТЬСЯ НА ДЕКІЛЬКА ВИДІВ ЕКОНОМІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ (код 0.00)			
НПАОП 0.00-1.01-07	Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів Зареєстровано:	18.06.07 Наказ № 132 09.07.07 № 784/14051	Держгірпромнагляд Мін'юст України
НПАОП 0.00-1.59-87	Правила будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском	27.11.87	Держгіртехнагляд СРСР
НПАОП 0.00-2.01-05	Перелік робіт з підвищеною небезпекою Зареєстровано:	26.01.05 Наказ № 15 15.02.05 № 232/10512	Держнаглядохоронпраці України Мін'юст
НПАОП 0.00-4.01-08	Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту Зареєстровано:	24.03.08 Наказ № 53 21.05.08 № 446/15137	Держгірпромнагляд Мін'юст України
Металургія (код КВЕД 27)			
НПАОП 27.0-1.01-08	Правила охорони праці в металургійній промисловості Зареєстровано:	22.12.09 Наказ № 289 29.01.09 № 87/16103	Держгірпромнагляд Мін'юст України
НПАОП 27.0-3.01-08	Норми безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам металургійної промисловості Зареєстровано:	27.08.08 Наказ № 187 01.10.08 № 918/15609	Держгірпромнагляд Мін'юст України

Продолжение таблицы Ф.1

1	2	3	4
НПАОП 27.1-1.01-09	Правила охорони праці у сталеплавильному виробництві Зареєстровано:	15.10.09 Наказ № 172 05.11.09 № 1038/17054	Держгірпромнагляд Мін'юст України
НПАОП 27.1-1.06-08	Правила охорони праці під час ремонту устаткування на підприємствах чорної металургії Зареєстровано:	20.08.08 Наказ № 183 16.09.08 № 863/15554	Держгірпромнагляд Мін'юст України
НПАОП 27.1-1.46-69	Правила техніки безпеки в мартенівському і електросталеплавильному виробництві	1969	ЦК профспілки робітників авіаборонпрому
НПАОП 27.1-5.02-81	Типова інструкція з безпеки праці для професій сталеплавильного виробництва	1981	Мінчормет СРСР
НПАОП 27.1-5.04-81	Типова інструкція з безпеки праці для робітників доменного виробництва	1981	Мінчормет СРСР
НПАОП 27.35-1.05-09	Правила охорони праці у феросплавному виробництві Зареєстровано:	15.10.09 Наказ № 173 05.11.09 № 1039/17055	Держгірпромнагляд Мін'юст України
НПАОП 27.4-1.02-89	Правила безпеки при виробництві нікелю, міді та кобальту	26.09.89	Держгіртехнагляд СРСР Мінкольормет СРСР
НПАОП 27.4-1.03-85	Правила безпеки при виробництві твердих сплавів і тугоплавких металів	24.12.85	Держгіртехнагляд СРСР Мінкольормет СРСР
НПАОП 27.4-1.06-77	Правила безпеки при виробництві олова і сплавів на його основі	28.06.77	Держгіртехнагляд СРСР Мінкольормет СРСР
НПАОП 27.4-7.15-86	ОСТ 48.264-86 Огородження рухомих частин устаткування. Загальні технічні вимоги	1986	Мінкольормет СРСР
НПАОП 27.5-1.15-97	Правила безпеки у ливарному виробництві	19.02.97 Наказ № 31	Держнагляд охорони праці України

Продолжение таблицы Ф.1

1	2	3	4
НПАОП 27.5-1.33-89	Правила техніки безпеки при литті сталей і жаротривких сплавів за моделями, що виплавляються	16.12.89	Мінавіапром СРСР
НПАОП 27.5-1.45-61	Правила безпеки при роботі в ливарних цехах сталюого, чавунного та бронзового лиття	1961	ЦК профспілки робітників авіаоборонпрому
Виробництво та розподілення електроенергії (код КВЕД 40.1)			
НПАОП 40.1-1.01-97	Правила безпечної експлуатації електроустановок Зміни: Зареєстровано:	06.10.97 Наказ № 257 25.02.00 Наказ № 26 06.04.00 № 213/4434	Держнаглядохоронпраці України Держнаглядохоронпраці України Мін'юст України
НПАОП 40.1-1.21-98	Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів Зареєстровано:	09.01.98 Наказ № 4 10.02.98 № 93/2533	Держнаглядохоронпраці України Мін'юст України
НПАОП 40.1-1.32-01	Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок	21.06.01 № 272	Мінпраці України

Приложение Ц

Таблица Ц. 1 – Межгосударственные стандарты по охране труда

Обозначение нормативного акта	Название нормативного акта
1	2
ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ	Опасные и вредные производственные факторы. Классификация
ГОСТ 12.1.001-89 ССБТ	Ультразвук. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.1.002-84 ССБТ	Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах
ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ	Шум. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ	Пожарная безопасность. Общие требования

Продолжение таблицы Ц.1

1	2
ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ	Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны
ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ	Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля
ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ	Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности
ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ	Взрывобезопасность. Общие требования
ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ	Вибрационная безопасность. Общие требования
ГОСТ 12.1.014-84 ССБТ	Воздух рабочей зоны. Метод измерения концентраций вредных веществ индикаторными трубками
ГОСТ 12.1.016-79 ССБТ	Воздух рабочей зоны. Требования к методикам измерения концентрации вредных веществ
ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ	Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты
ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ	Электробезопасность. Защитное заземление, зануление
ГОСТ 12.1.044-89 ССБТ	Пожаробезопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения
ГОСТ 12.1.045-84. ССБТ	Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля
ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ	Оборудование производственное. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.2.007-88 ССБТ	Оборудование электротермическое. Требования безопасности
ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ	Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования
ГОСТ 12.2.033-84 ССБТ	Рабочие места при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования
ГОСТ 12.2.046-90 ССБТ	Оборудование технологическое для литейного производства. Требования безопасности
ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ	Оборудование производственное. Общие эргономические требования
ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ	Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам
ГОСТ 12.2.062-81. ССБТ	Оборудование производственное. Ограждения защитные
ГОСТ 12.2.072-82 ССБТ	Роботы промышленные. Роботизированные технологические комплексы и участки. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.3.002-75 ССБТ	Процессы производственные. Общие требования безопасности

Продолжение таблицы Ц.1

1	2
ГОСТ 12.3.005-75 ССБТ	Работы окрасочные. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.3.009-76 ССБТ	Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.3.027-92 ССБТ	Работы литейные. Требования безопасности
ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ	Средства защиты работающих. Общие требования и классификация
ГОСТ 12.4.026-76 ССБТ	Цвета сигнальные и знаки безопасности.
ГОСТ 12.4.103-83 ССБТ	Одежда специальная защитная, средства индивидуальной защиты ног и рук. Классификация
ГОСТ 12.4.125-83 ССБТ	Средства коллективной защиты работающих от воздействия механических факторов. Классификация
ГОСТ 17.2.1.04-77 ССБТ	Охрана природы. Атмосфера. Метеорологические аспекты загрязнения и промышленные выбросы. Основные термины и определения

Приложение Ш

Таблица Ш. 1 – Государственные стандарты Украины по охране труда

Обозначение нормативного акта	Название нормативного акта
ДСТУ 2272-93	Пожежна безпека. Терміни та визначення
ДСТУ 2300-93.	Вібрація. Терміни та визначення
ДСТУ 2325-93	Шум. Терміни та визначення
ДСТУ 2657-94	Машини та обладнання для механізації робіт у доменному виробництві. Загальні вимоги безпеки
ДСТУ 2687-94	Машини та обладнання для механізації робіт у сталеплавильному виробництві. Загальні вимоги безпеки
ДСТУ 2740-94	Виробництво виливків у металевих формах методом безперервного лиття. Вимоги безпеки
ДСТУ 3038-95	Гігієна. Терміни та визначення основних понять

Приложение Щ

Таблица Щ.1 – Санитарные нормы и правила, строительные нормы

Обозначение нормативного акта	Название нормативного акта
ДСН 3.3.6.037-99	Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку
ДСН 3.3.6.039-99	Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації
ДСН 3.3.6.042-99	Державні санітарні норми мікроклімату
ДСН 3.3.6.096-02	Державні санітарні норми і привила при роботі з джерелами електромагнітних полів
НАПБ А.01.001-2004	Правила пожежної безпеки України
ДБН В.2.5-28-2006	Природне та штучне освітлення

Навчальне видання

**АНАЛІЗ НЕБЕЗБЕЧНИХ І ШКІДЛИВИХ
ВИРОБНИЧИХ ФАКТОРІВ
У ЛИВАРНОМУ ВИРОБНИЦТВІ**

Методичні вказівки

для студентів спеціальностей ЛВ, ОЛВ
(Російською мовою)

Укладач ГЛИНЯНА Наталія Михайлівна

За авторським редагуванням

Комп'ютерне верстання С. П. Шнурік

31/2014. Формат 60 x 84/16. Ум. друк. арк. 5,98.
Обл.-вид. арк.4,44. Тираж 4 пр. Зам. № 46.

Видавець і виготівник
Донбаська державна машинобудівна академія
84313, м. Краматорськ, вул. Шкадінова, 72.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 1633 від 24.12.2003

Министерство образования и науки Украины
Донбасская государственная машиностроительная академия (ДГМА)

**АНАЛИЗ ОПАСНЫХ И ВРЕДНЫХ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ
В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

Методические указания

для студентов специальностей ЛП, ОЛП

Утверждено
на заседании
методического совета
Протокол № 9 от 19.06.2014

Краматорск
ДГМА
2014

УДК 658.382.3

Анализ опасных и вредных производственных факторов в литейном производстве : методические указания для студентов специальностей ЛП, ОЛП / сост. Н. М. Глиняная. – Краматорск : ДГМА, 2014. – 103 с.

Содержит рекомендации по выполнению раздела дипломного проекта, посвященного анализу опасных и вредных производственных факторов в литейном производстве, а также указания, касающиеся анализа устойчивости работы промышленного объекта в условиях чрезвычайной ситуации.

Предназначено для студентов высших учебных заведений технического профиля дневной и заочной форм обучения специальностей ЛП, ОЛП.

Составитель Н. М. Глиняная, доц.

Отв. за выпуск А. П. Авдеенко, проф.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 АНАЛИЗ ОПАСНЫХ И ВРЕДНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ В ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХАХ.....	7
1.1 Классификация опасных и вредных производственных факторов.....	7
1.2 Химические опасные и вредные производственные факторы	9
1.2.1 Классификация веществ по степени опасности.....	9
1.2.2 Особенности токсичности металлов	10
1.2.3 Токсичность некоторых веществ и их соединений	12
1.2.4 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.....	19
1.2.5 Вредные вещества в литейном производстве и их действие на организм человека	21
1.2.6 Канцерогенные вещества в литейном производстве.....	23
1.2.7 Основные источники пыли и газозадушных выбросов в литейном производстве.....	25
1.3 Физические опасные и вредные производственные факторы.....	34
1.3.1 Теплота.....	34
1.3.2 Шум в литейных цехах.....	36
1.3.3 Вибрация в литейных цехах.....	44
1.3.4 Ультразвук	46
1.3.5 Электромагнитные поля и излучения	47
1.3.6 Ионизирующие излучения	52
1.3.7 Электрический ток	53
1.3.8 Транспортные средства	54
1.3.9 Взрыво-, пожароопасность в металлургических цехах.....	55
2 БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ	63
2.1 Факторы, влияющие на устойчивость работы промышленного объекта в условиях ЧС.....	63
2.2 Анализ устойчивости работы производственного цеха к действию воздушной ударной волны.....	63
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	67
Приложение А	68
Приложение Б.....	70
Приложение В.....	75
Приложение Г	76
Приложение Д.....	78
Приложение Е.....	78
Приложение Ж.....	80
Приложение К.....	84

Приложение Л.....	85
Приложение М.....	89
Приложение Н.....	89
Приложение П.....	90
Приложение Р.....	91
Приложение С.....	93
Приложение Т.....	94
Приложение У.....	97
Приложение Ф.....	98
Приложение Ц.....	100
Приложение Ш.....	102
Приложение Щ.....	103

ВВЕДЕНИЕ

В пояснительной записке дипломного проекта при выполнении раздела, посвященного охране труда и безопасности в чрезвычайных ситуациях, особое внимание должно быть уделено детальному анализу опасных и вредных производственных факторов, которые могут иметь место при выполнении всех технологических операций производственного цикла.

При внедрении новой технологии, которая еще не регламентирована действующими правилами безопасности, первоочередной задачей является обеспечение безопасных и безвредных условий труда на каждом рабочем месте.

Согласно ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» опасные и вредные производственные факторы подразделяются на физические, химические, психофизические, биологические. Для литейных цехов характерны, как правило, опасные и вредные производственные факторы первых трех групп.

Студентам специальности ЛП рекомендуется провести анализ опасных и вредных производственных факторов для основных производственных участков (отделений) в соответствии с планом проектируемого цеха, студентам специальности ОЛП для основных технологических процессов проектируемой линии.

К химическим опасным и вредным производственным факторам в литейных цехах можно отнести:

- газы, пары (необходимо указать источники выделения вредных веществ, их фактическую и предельно допустимую концентрации (ПДК));
- пыль (необходимо указать источники выделения пыли, вещества входящие в состав пыли, их фактическую концентрацию и ПДК);

К физическим опасным производственным факторам относятся:

- расплавленный металл, брызги расплавленного металла, раскаленный металл;
- опасные зоны оборудования, автоматизированных участков, конвейерных линий, роботизированных участков;
- повышенное напряжение в электросети (необходимо указать электрооборудование и фактическое значение напряжения);
- подъемно-транспортное оборудование;
- внутрицеховой транспорт;

К физическим вредным производственным факторам относятся:

- факторы, формирующие микроклимат, такие как температура воздуха рабочей зоны, относительная влажность, скорость движения воздуха (необходимо указать источники избыточных тепловыделений, влажности, воздушных потоков; фактические и предельно допустимые значения параметров микроклимата);
- шум (необходимо указать источники шума, фактические значения уровня шума, предельно допустимый уровень (ПДУ));

- вибрация (необходимо указать источники вибрации, фактические значения вибрации, ПДУ);
- излучения (необходимо назвать источники электромагнитных, ионизирующих и др. излучений, привести их фактические значения, ПДУ).

Психофизическими факторами являются:

- физические, например, динамические нагрузки при ручном перемещении грузов и др. видах физических работ; статическое перенапряжение (необходимо указать, при выполнении каких именно производственных операций данные нагрузки имеют место);
- психические, например, утомление из-за монотонности труда, высокой концентрации внимания и др. (необходимо указать, при выполнении каких производственных операций данные нагрузки имеют место).

При выполнении раздела дипломного проекта, который посвящен анализу устойчивости работы промышленного объекта в условиях чрезвычайной ситуации, обусловленной взрывом газовой воздушной углеводородсодержащей смеси, а именно к воздействию воздушной ударной волны, рекомендуется следующая последовательность рассмотрения вопросов:

- необходимо рассчитать величину избыточного давления ударной волны в месте расположения промышленного объекта;
- составить сводную таблицу, содержащую характеристику основных элементов объекта, степень разрушения для каждого элемента объекта при разных избыточных давлениях ударной волны;
- определить предел устойчивости каждого элемента как границу между слабыми и средними разрушениями;
- определить предел устойчивости работы объекта в целом по минимальному пределу устойчивости элементов, входящих в состав промышленного объекта;
- дать определение критерия устойчивости объекта к действию ударной волны;
- провести сравнительный анализ теоретически полученного значения предела устойчивости работы объекта с расчетной величиной избыточного давления фронта ударной волны в месте расположения объекта и сделать вывод об устойчивости работы объекта в условиях данной ЧС;
- в том случае, если объект признан неустойчивым к действию ударной волны, необходимо внести предложения для повышения устойчивости каждого неустойчивого элемента объекта.

Обоснование выбора технологических схем, оборудования, технологических решений, используемых в дипломном проекте, в первую очередь, должно базироваться на безопасности производственных процессов, основного и вспомогательного технологического оборудования, производственных условий труда для работающих, с целью недопущения травматизма на производстве, снижения уровня профессиональных заболеваний, для создания оптимальных условий труда.

1 АНАЛИЗ ОПАСНЫХ И ВРЕДНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ В ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХАХ

1.1 Классификация опасных и вредных производственных факторов

В соответствии с ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» опасные и вредные производственные факторы подразделяются на следующие группы:

1 *Физические* опасные и вредные производственные факторы: движущиеся машины и механизмы; незащищенные подвижные элементы производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; разрушающиеся конструкции; обрушивающиеся горные породы; повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны; повышенный уровень шума; повышенный уровень вибраций; повышенный уровень инфразвуковых колебаний; повышенный уровень ультразвука; повышенное или пониженное барометрическое давление в рабочей зоне; повышенная или пониженная влажность воздуха; повышенный уровень ионизирующих излучений в рабочей зоне; повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; повышенный уровень статического электричества; повышенный уровень электромагнитных излучений; повышенная напряженность электрического поля; повышенная напряженность магнитного поля; отсутствие или недостаток естественного света; недостаточная освещенность рабочей зоны; повышенная яркость света; пониженная контрастность; прямая или отраженная блескость; повышенная пульсация светового потока; повышенный уровень ультрафиолетовой радиации; повышенный уровень инфракрасной радиации; острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов; расположение рабочего места на значительной высоте относительно поверхности земли (пола).

2 *Химические* опасные и вредные производственные факторы.

По воздействию на организм человека они подразделяются на такие:

- общетоксические, которые действуют отравляюще на весь организм, поражают центральную нервную систему (СО, CNS H₂S, ароматические углеводороды);
- раздражающие, действующие на слизистую оболочку глаз, слизистую поверхность верхних дыхательных путей (кислоты, щелочи, Cl₂, NO₂, SO₂ в небольших концентрациях);
- сенсibiliзирующие, при воздействии которых повышается чувствительность организма человека к данным веществам, обладают аллергическим действием, вызывают кожные, астматические явления (ртуть, ароматические нитро- и нитрозосоединения, нитролаки, аminosоединения);

- канцерогенные, которые приводят к возникновению злокачественных опухолей (продукты перегонки нефти, асбест и т. п.);
- мутагенные, вызывающие изменение наследственного аппарата человека, что приводит к возникновению мутаций и передаче их потомкам (соединения свинца, ртути, бенз[α]пирен).

По пути проникновения в организм человека химические вещества подразделяются на проникающие:

- через органы дыхания;
- через пищеварительную систему;
- через кожные покровы и слизистые оболочки.

3 **Биологические** опасные и вредные производственные факторы: патогенные микроорганизмы (бактерии, вирусы, спирохеты, грибы и т. д.), вызывающие различные заболевания; макроорганизмы.

4 **Психофизические** опасные и вредные производственные факторы по характеру воздействия подразделяются на:

- физические (статические и динамические перегрузки);
- нервно-психические (умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов, монотонность труда, эмоциональные перегрузки и т.п.).

Один и тот же опасный и вредный производственный фактор по природе своего действия может относиться одновременно к различным группам.

В разделе диплома, который посвящен анализу опасных и вредных производственных факторов, необходимо осуществить анализ всех видов производственного оборудования с точки зрения опасности для работников цеха, сравнить с данными аналогичного оборудования и обосновывать выбор решения в проекте. Также необходимо осуществить оценку каждого производственного процесса с точки зрения влияния на работающих постоянных и периодических опасных факторов. **Постоянные** – это опасные факторы, которые всегда присутствуют при выполнении технологического процесса. Например, при выпуске чугуна из вагранки в ковш всегда имеется опасность попадания жидкого металла на рабочего, который осуществляет эту технологическую операцию. **Периодические** – это факторы, которые возникают непредвиденно во время выполнения технологического процесса, например, прогар воздушных фурм в вагранке, прорыв футеровки, выброс стали при раскислении в ковше, повреждение электрической изоляции, обрыв тороса подъемного механизма и т. п.

Рассмотрим подробнее группы опасных и вредных производственных факторов с учетом особенностей литейного производства.

В литейных цехах основными опасными и вредными производственными факторами являются: пыль, пары и газы, избыточная теплота, повышенный уровень шума, вибраций, электромагнитных излучений, движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования, внутрицеховой транспорт и др.

1.2 Химические опасные и вредные производственные факторы

1.2.1 Классификация веществ по степени опасности

Вредные вещества по степени воздействия на организм человека подразделяются на четыре класса опасности: 1-й – вещества чрезвычайно опасные; 2-ой – вещества высокоопасные; 3-й – вещества умеренно опасные; 4-й вещества малоопасные. Отнесение вредного вещества к классу опасности производят по показателю, значение которого соответствует наиболее высокому классу опасности (табл. 1.1) [1].

Таблица 1.1 – Класс опасности вредных веществ в зависимости от норм и показателей

Показатель	Норма для класса опасности			
	1-го	2-го	3-го	4-го
ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	Менее 0,1	0,1...1,0	1,1...10,0	Более 10,0
Средняя смертельная доза при введении через желудок, мг/кг	Менее 15	15...150	151...5000	Более 5000
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу, мг/кг	Менее 100	100...500	501...2500	Более 2500
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/ м ³	Менее 500	500...5000	5001...50000	Более 50000
Коэффициент возможности индукционного отравления (КВИО)	Менее 300	300...30	29...3	Менее 3
Зона острого действия	Менее 6,0	6,0...18,0	18,1...54,0	Более 54,0
Зона хронического действия	Более 10,0	10,0...5,0	4,9...2,5	Менее 2,5

1.2.2 Особенности токсичности металлов

Между токсичностью соединений металлов и их физико-химическими свойствами (молекулярной массой, плотностью, температурой кипения, температурой плавления) есть определенная связь.

Токсичность относительно хорошо растворимых соединений металлов связана с нормальным потенциалом металла, потенциалом первичной ионизации атома металла, значением атомного радиуса, с растворимостью различных соединений металлов, прочностью кислородного соединения металла.

Токсические свойства различных металлов очень разнообразны. Поведение металлов в большой степени зависит от пути попадания в организм человека, так как на пути попадания в кровь из разных первичных депо (подкожная клетчатка, легочная ткань, кишечник) они встречаются разные по своим физико-химическим свойствам и по проницаемости физиологические барьеры [1].

Одним из важнейших факторов, определяющих токсические свойства металлов и характер их биологического действия, является способность металла проникать через клеточные мембраны во внутреннюю среду клеток. Легкость проникновения внутрь клеток связана, очевидно, с малым ионным радиусом (0,43 Å для бериллия, 0,47 Å – хрома, 0,90 Å – марганца и т.д.). Прочная связь металла с белком, которая различна у разных металлов, влияет на его поведение в организме.

Скорость всасывания металлов при одинаковом пути их попадания в организм определяется, прежде всего, физико-химическим состоянием металла в организме. На всасывание металлов влияет способность некоторых из них образовывать растворимые соединения с некоторыми биоконплексами, что объясняет их лучшую растворимость в биологических средах по сравнению с растворимостью в воде.

На растворимость одного металла может влиять другой металл. Растворимость кобальта в присутствии вольфрама значительно усиливается. Некоторые металлы (торий, церий, лантан, плутоний и др.) быстро выделяются из кишечника и поэтому мало выводятся через почки.

Характерное заболевание – «литейная лихорадка», которая вызывается вдыханием паров ряда металлов, в первую очередь, цинка, реже никеля, меди, железа, кобальта, свинца, марганца, бериллия, олова, сурьмы, кадмия и их оксидов. Некоторые металлы (хром, никель, бериллий, мышьяк и др.) обладают канцерогенным действием и способны вызывать рак различных органов.

Степень и характер токсичности соединений металлов определяется в большей мере катионом металла, чем анионом.

При острых отравлениях солями хрома, урана, ртути, мышьяка и других металлов могут возникнуть некротические изменения, т.е. омертвление какой-либо части организма.

При хронических интоксикациях некоторыми металлами, например, свинцом, ртутью, марганцем, могут возникать нарушения слуховой и вестибулярной функций организма.

Концентрации, вызывающие острое отравление организма, настолько велики, что практически в производственных условиях не встречаются. Возникают только хронические отравления, например, свинцом, марганцем и др., которые являются следствием кумуляции, т.е. накопления в организме проникшего в него вещества, но известную роль играет и функциональная кумуляция, т.е. накопление изменений, вызываемых новыми порциями поступающего вещества.

Некоторые металлы и их соединения могут вызывать аллергические реакции, связанные с необычной реакцией организма при повторном или многократном воздействии тех или иных веществ. К числу заболеваний аллергического происхождения относят бронхиальную астму, некоторые заболевания сердца, поражения кожи, глаз, носа и др. Свойствами аллергенов обладают ртуть, кобальт, никель, хром, платина, бериллий, мышьяк, золото, цинк и некоторые их соединения.

Многие металлы являются биологическими микроэлементами, находящимися в крови, печени, мышцах, железах внутренней секреции, костях. Их содержание очень невелико ($10^{-3} \dots 10^{-2} \%$), однако они играют определенную биологическую роль в нормальных физиологических процессах организма (в процессах обмена веществ, роста, тканевого дыхания, кроветворения и др.) Недостаток или избыток микроэлементов против нормального содержания приводит к нарушениям тех или иных функций организма и заболеваниям. К числу биоэлементов относятся ванадий, железо, калий, кальций, кобальт, кремний, магний, марганец, медь, молибден, натрий, стронций, фосфор, цинк. К биогенным металлам, которые находятся в животных организмах, относятся также алюминий, барий, бериллий, висмут, галлий, германий, кадмий, литий, мышьяк, никель, олово, ртуть, рубидий, свинец, серебро, сурьма, титан, уран, хром, цезий и др. [1].

В производственных условиях в литейных цехах наибольшую опасность представляют загрязнения воздушной среды, из-за чего происходит попадание токсических веществ внутрь организма человека при вдыхании. Кроме того, возможен непосредственный контакт при оседании загрязнений на наружные поверхности организма – кожные покровы, глаза. Не исключена возможность попадания токсических веществ в организм человека при заглатывании загрязненной пищи.

При многокомпонентном загрязнении воздуха возможно усиление токсического действия. Например, смеси, содержащие карбиды вольфрама, титана и кобальта, обладают более выраженным действием, чем пыль отдельных компонентов.

Загрязнение воздушной среды цеха металлами и их соединениями при осуществлении технологических процессов происходит механическим или физико-химическим путем.

При измельчении и перегрузке сырых материалов, ломке футеровки печей, очистке от окалина и т.п. воздух загрязняется пылью, образуются аэрозоли,

дисперсной фазой которых являются пылинки различного качественного состава, разных размеров и форм. При плавке, выпуске и разливке металлов возможна конденсация паров металлов; образуются аэрозоли, дисперсную фазу которых составляют частицы металлов и их соединений с другими веществами.

Металлы в воздухе иногда находятся в разновалентном состоянии, чем может определяться разница в их токсическом воздействии. Образующиеся пары металлов быстро конденсируются и окисляются, а степень окисления зависит от окружающих условий.

Интенсивность выделения паров металлов зависит от их упругости. Оценить опасность загрязнения воздуха парами металлов можно, зная упругость металла, его оксидов и других соединений, которые образуются при температурах данного технологического процесса. Следует учитывать, что испарение некоторых металлов начинается раньше плавления. Может происходить изменение валентности металла в его аэрозоле. Летучесть разных соединений металлов различна. Так, соединения меди с мышьяком очень летучи, а соединения железа с мышьяком малолетучи.

Степень загрязнения воздуха (при прочих одинаковых условиях) зависит и от его подвижности.

1.2.3 Токсичность некоторых веществ и их соединений

Опасным действием на организм человека обладают, прежде всего, ионы металлов, пылевидная фракция, а также соли металлов [1].

Алюминий Al. Атомная масса (Ат. м.) 26,9815; температура плавления (т. пл.) 660 °С; температура кипения (т. кип.) 2452 °С; плотность (плотн.) 2,702 г/см³.

ПДК для алюминия и его сплавов (в пересчете на Al) 2 мг/м³.

Токсическое действие. При вдыхании пыли или дыма возникает поражение легких. Особенно токсичны мышьяковистый алюминий и силикофтористый алюминий, токсические свойства которых создаются радикалом, соединенным с атомом алюминия. При попадании частиц алюминия в глаза происходят очаговые отравления, изменяется капсула хрусталика, пигментация роговицы, возникает помутнение стекловидного тела. Возможно раздражение слизистых оболочек глаз, носа, рта, половых органов, поражение кожи; может возникнуть фиброз легких («алюминоз»).

Барий Ba. Ат. м. 137,33; т. пл. 727 °С; т. кип. 1637 °С; плотн. 3,78 г/см³.

ПДК для пыли BaSO₄ (при содержании менее 10 % SiO₂) 5 мг/м³; для BSiO₃ 2 мг/м³.

Токсическое действие. Нерастворимые соли бария, в частности, сульфат не ядовиты. Растворимые соединения бария, например, хлорид, сульфид, оксид бария и др. ядовиты. При попадании через рот оказывают раздражающее действие. Соединения бария вызывают воспалительные заболевания головного

мозга, действуют на гладкую и сердечную мускулатуру. Могут вызывать пневмокониоз. Пыль барита и серноокислого бария (при длительном воздействии) может вызвать поражение легких. Минерал барит и чистый серноокислый барий практически безвредны. Более выраженным токсическим действием обладает хлористый барий, несколько меньшим – азотноокислый барий, окись и перекись бария; наименее токсичны углекислый и уксуснокислый барий. Пыль барита и серноокислого бария (при длительном воздействии) может вызвать заболевание легких.

Ванадий V. Ат. м. 50,942; т. пл. 1920 °С; т. кип. 3400 °С; плотн. 6,11 г/см³.

ПДК для дыма оксида ванадия (V) 0,1 мг/м³; для феррованадия (V), для пыли ванадий содержащих шлаков 4 мг/м³; для пыли и оксида ванадия (III) и (V) 0,5 мг/м³.

Токсическое действие. Соединения ванадия имеют различную токсичность. Оказывают быстрое раздражающее действие на дыхательный тракт и слизистую оболочку глаз. При этом долго нет болей, плохо ощущаются больным и другие болезненные симптомы заболевания, затем развиваются острые и хронические заболевания дыхательных путей с носовыми кровотечениями, возможны воспаление легких, склероз легких, эмфизема легких; также возможны изменения в сердечно-сосудистой системе, функциональные изменения нервной системы, нарушение синтеза белка организмом, что приводит к похудению, угнетение синтеза гемоглобина крови, вследствие чего снижается содержание витамина С. Возникает одышка, анемия и снижается количество лейкоцитов. Появляются воспалительно-аллергические заболевания кожи, реже – бронхиальная астма. Характерными признаками хронического отравления являются изменения слизистых оболочек дыхательного тракта (сухость, рубцы, эрозии). При длительном воздействии возникают дрожание конечностей, неврастения, воспаление зрительного нерва и сетчатки может привести к слепоте, нарушается деятельность сердечно-сосудистой системы, растет количество холестерина в крови. Признаками поражения нервной системы являются следующие: головная боль, усталость, потливость, подавленное состояние, дрожание рук, повышенная чувствительность кожи конечностей.

Пыль металлического ванадия при хроническом действии вызывает изменения в желудочно-кишечном тракте, печени, почках. Пыль ванадиевого шлака может оказывать раздражающее и общетоксическое действие.

Оксид ванадия (III) оказывает умеренное раздражающее действие; оксид ванадия (V) при вдыхании или попадании через рот вызывает воспалительные изменения в органах дыхания и желудочно-кишечном тракте. Соли ванадия (ванадаты, хлориды) хорошо всасываются из желудочно-кишечного тракта.

Производственная пыль ванадия, феррованадия и карбида ванадия обладает выраженным хроническим местным и общим токсическим действием. Длительное действие приводит к хроническому бронхиту, промежуточному склерозу легких, при попадании яда через рот возникает катар желудка.

Хроническое общетоксическое действие приводит к изменениям в печени и почках; ванадийсодержащие аэрозоли сложного состава быстрее вызывают пневмокониоз.

Вольфрам W. Ат. м. 183,85; т.пл. 3370...3390 °С; т.кип. 5900...6000 °С; плотн. 19,3 г/см³.

ПДК для вольфрама и карбида вольфрама 6 мг/м³.

Токсическое действие. Некоторые соединения вольфрама более токсичны, чем соединения молибдена. Вольфрам, его оксид и карбид могут вызвать начальные явления пневмосклероза. Соединения вольфрама могут вызывать также заболевания кожи. Хлорид вольфрама обладает общетоксическим и значительным прижигающим действием, а также раздражающим действием на глаза; оказывает более выраженное общетоксическое действие, чем его оксиды (из-за большой растворимости). Действие хлорида вольфрама на кожу напоминает действие соляной кислоты. Вызывает дистрофию печени вследствие нарушения питания тканей, изменение в желудке и почках.

Сплавы железа

Ферромарганец. При большом выделении пыли возможны изменения в центральной нервной системе, в крови, частичный паралич, слабость мышц, замедление речи. Оказывает токсическое действие, свойственное марганцу. Пыль ферромарганца может при длительном воздействии вызывать нарушения типа пневмокониоза; она более токсична, чем пыль силикомарганца.

Ферромолибден. Действие пыли значительно менее токсично, чем пыли молибдена.

Ферроникель. Действие пыли значительно менее токсично, чем пыли никеля.

Ферросилиций. При хранении, транспортировке, размоле, увлажнении выделяется в воздух фосфористый (а иногда и мышьяковистый) водород (особенно при содержании 30...70% Si), вызывающий отравление, которое может привести и к смертельному исходу. Симптомами отравления являются отрыжка, тошнота, рвота, понос, потеря аппетита, слабость.

Кальций Ca. Ат. м. 40,08; т. пл. 842 °С; т.кип. 1495 °С; плотн. 1,54 г/см³ (20 °С).

ПДК для кальция алюмохромфосфата (в пересчете на CrO₃) 0,01 мг/м³; для кальция никельхромфосфата (по Ni) 0,05 мг/м³.

Токсическое действие. Дым, выделяющийся при горении кальция на воздухе, состоит из оксида кальция, он оказывает разъедающее действие на кожу, глаза и слизистые оболочки. Соединения кальция токсичны в виде оксидов, если содержат токсичный элемент. Карбид кальция вреден из-за выделения ацетилена при контакте карбида с влагой; обладает прижигающим действием, вызывает язвы на коже; опасно попадание в глаза. Оксид кальция и гидрат оксида кальция дают щелочную реакцию и поэтому разъедают кожу и органы дыхания. В виде пыли вызывают воспаление легких, дерматит, раздражение глаз и слизистых оболочек. Оксид кальция, подобно щелочи, омыляет жиры, поглощает влагу из кожи, растворяет белки, раздражает и прижигает ткани, слизистую оболочку глаз, вызывает ожоги кожи.

Кобальт Co. Ат. м. 58,9332; т. пл. 1494 °С; т. кип. 2960 °С; плот. 8,9 г/см³.

ПДК для кобальта и оксида кобальта 0,5 мг/м³.

Токсическое действие. Кобальт – биологически важный элемент, кобальт (и витамин В₂ в котором он содержится) необходим для кроветворения, стимулирует образование красных кровяных клеток и гемоглобина. Большие дозы кобальта вызывают токсическое действие. Возможны поражения почек и печени, воспалительные и склеротические изменения в легких, катар верхних дыхательных путей, хронический бронхит, гипотония, влияние на сердечно-сосудистую и центральную нервную систему. При контакте с кожей вызывает острый дерматит, красные пузыри, узелки и отеки на открытых частях тела, а иногда и на закрытых. Возможны нарушения в органах пищеварения. Степень токсического действия оксидных соединений кобальта зависит от валентности металла. Закись кобальта более токсична, чем его оксид. Металлический кобальт обладает более выраженным острым токсическим действием, чем его оксиды. Пыль металлического кобальта, наряду с действием на легочную ткань, обладает также общерезорбтивным действием (способностью попадать в кровь).

Карбонил кобальта [Co(CO)₄]₂ значительно менее токсичен, чем карбонилы железа и никеля.

Кремний Si. Ат м. 28,086; т.пл. 1410 °С; т. кип. 3249 °С; плотн. 2,33 г/см³.

ПДК для кремнемедистого сплава 4 мг/м³.

Токсическое действие. Кремний малоядовит. Соединения кремния обладают различной токсичностью, особенно опасен кремнезем. Растворимые силикаты калия и натрия вызывают кожные заболевания. Галогеновые соединения кремния раздражают слизистые оболочки. Пыль силумина по действию занимает промежуточное место между алюминием и кремнеземом.

Кремния диоксид SiO₂. Молярная масса 60,0848; т. пл. 1710 °С; т.кип. 2930 °С; плотн. 2,2 г/см³ (аморфный), 2,6 г/см³ (кристаллический).

ПДК для различных модификаций диоксида кремния приведены в таблице 1.2 [1].

Таблица 1.2 – ПДК различных модификаций диоксида кремния

Модификации диоксида кремния	ПДК, мг/м ³
1	2
Кремния диоксид аморфный в виде аэрозоля конденсации при содержании: более 60 % от 10 до 60 %	1 2
Кремния диоксид аморфный в смеси с оксидами марганца в виде аэрозоля конденсации с содержанием каждого их них не более 10 %	1
Кремния диоксид аморфный и стеклообразный в виде аэрозоля дезинтеграции (диатомит, кварцевое стекло, плавленный кварц, трепел)	1

Продолжение таблицы 1.2

1	2
Кремния диоксид кристаллический (кварц, кристобалит, тридимит) при содержании в пыли:	
более 70 % (кварцит, динас и др.)	1
от 10 до 70 % (гранит, шамот, слюда-сырец, углепородная пыль)	2
от 2 до 10 % (горючие кукерситные сланцы, медно-сульфидные руды)	4

Токсическое действие. При вдыхании пыли, содержащей SiO_2 , возникает хроническое заболевание легких – силикоз (разрастание соединительной ткани легких), которое приводит к нарушению дыхательной и других функций легких. Степень воздействия зависит от модификации SiO_2 (тридимит, кристобалит, кварц) и степени дисперсности аэрозоля. Силикоз в ряде случаев осложняется туберкулезом (силикотуберкулезом), а также возможен и рак легких. При силикозе может возникать общетоксическое действие, связанное, очевидно, с растворимостью кремнезема в тканевых жидкостях, которое выражается изменениями в крови.

Магний Mg. Ат. м. 24,305; т.пл. 650 °С; т.кип. 1105 °С; плотн. 1,74 г/см³ (20 °С).

ПДК для магния хлората 5 мг/м³.

Токсическое действие. Вдыхание магния и свежего сублимированного оксида магния может вызвать «литейную лихорадку». При длительном воздействии магния наблюдается хроническое атрофическое воспаление слизистых оболочек носа и горла, катаральное состояние слизистых оболочек верхних дыхательных путей, повышение артериального давления, изменения в крови. Возможно заболевание желудка, торможение центральной нервной системы, паралич скелетных мышц. Металлический магний может травмировать кожу, вызывая воспалительно-гнойные процессы. Частицы металлического магния и его сплавов, перфорируя кожу, проникают через порезы и царапины, что может вызвать тяжелое местное поражение, характеризующееся образованием волдырей и острой воспалительной реакцией, часто с омертвением тканей. Воспалительная реакция заметна на месте повреждения, а также может быть симптомом воспаления лимфатических сосудов. Токсичность соединений магния зависит от его аниона.

Марганец Mn. Ат. м. 54,938; т. пл. 1244 °С; т.кип. 2080 °С; плотн. 7,44 г/см³.

ПДК оксидов марганца (в пересчете на MnO_2) составляет для аэрозоля дезинтеграции и для аэрозоля конденсации 0,3 мг/м³.

Токсическое действие. В норме в организме человека содержится 25...30 г марганца. Однако вдыхание дыма или пыли, аэрозолей марганца и его сплавов вызывает хроническое отравление, так как марганец и его оксиды являются

сильным ядом, действующим на центральную нервную систему, вызывая в ней тяжелые изменения; марганец действует также на легкие («манганокониоз»), печень, кровь, вегетативную систему. При отравлении может произойти чрезмерное развитие тканей головного и спинного мозга. Оказывает действие на кожу, вызывая дерматит, экзему. Хроническое отравление протекает в три стадии: I – функциональное поражение центральной нервной системы, а иногда и поражение желудка, симптомы полиневрита; II – органическое поражение центральной нервной системы; III – «марганцевый паркинсонизм» (дрожательный паралич, вследствие поражения головного мозга), желудочные расстройства, болезни печени и др.

Медь Cu. Ат. м. 63,546» т.пл. 1083,4 °С; т.кип. 2567 °С; плотн. 8,92 г/см³.

ПДК максимальная разовая для меди составляет 1 мг/м³, среднесменная 0,5 мг/м³.

Токсическое действие. В организме взрослого человека в норме содержится 100...150 мг меди. Оксиды меди вызывают «медную лихорадку», желудочно-кишечные расстройства, поражения в носу и верхних дыхательных путях, поражения кожи. Заглатывание может причинить желудочно-кишечные расстройства и кровотечение, воспаление почек.

Молибден Mo. Ат. м. 95,94; т. пл. 2623 °С; т. кип. 4800 °С; плотн. 10,2 г/см³.

ПДК для растворимых соединений в виде аэрозоля конденсации составляет 2 мг/м³; для растворимых соединений в виде пыли 4 мг/м³; для нерастворимых соединений максимальная разовая ПДК – 6 мг/м³.

Токсическое действие. Молибден – биологически важный элемент, содержится в организме в небольших количествах. Хроническое отравление молибденом вызывает нарушение обмена меди, а также фосфора в костной ткани. Металлический молибден и молибденит MoS₂ малоядовиты.

Никель Ni. Ат. м. 58,69; т.пл. 1455 °С; т. кип. 2900 °С; плотн. 8,9 г/см³. Высокодисперсный никель и его оксиды растворимы в биосредах, особенно кислых (желудочный сок).

ПДК для никеля, оксида никеля, сульфида и смеси соединений никеля (в пересчете на никель) составляет 0,05 мг/м³.

Токсическое действие. Пыль никеля может оказывать острое и хроническое действие с преимущественным поражением легких. Возможно возникновение «никелевого зуда» – формы дерматита, поражающей руки и плечи; рака легких, носа или верхней части зева; поражение слизистых оболочек верхних дыхательных путей; нарушение обоняния; снижение кровяного давления; нарушение центральной нервной и сердечно-сосудистой систем, функций печени; появление желудочных заболеваний, бронхиальной астмы, «литейной лихорадки». Сульфидные и закисные соединения никеля могут вызывать злокачественные опухоли бедра и легкого.

Олово Sn. Ат. м. 118,71; т.пл. 231,9 °С; т. кип. 2600 °С; плотн. 5,75 г/см³ (для серого олова).

ПДК для неорганических соединений, исключая оксиды, составляет 2 мг/м³; для органических соединений – 0,1 мг/м³.

Токсическое действие. Элементарное олово нетоксично; его соединения оказывают различное токсическое действие. В результате вдыхания пыли при длительном воздействии возможен пневмокониоз, хроническая экзема.

Свинец Pb. Ат. м. 207,2; т. пл. 327,5 °С; т. кип. 1751 °С; плотн. 11,3415 г/см³ (20 °С).

ПДК максимальная разовая для свинца и его неорганических соединений составляет 0,01 мг/м³.

Токсическое действие. Сильный яд. Отравления свинцом занимают первое место среди хронических профессиональных отравлений. Вызывает в организме ряд изменений, угнетает нервную систему и систему кроветворения, нарушает обмен веществ, вызывает сосудистый спазм в почках и большом круге кровообращения, паралич конечностей, изменения в желудочно-кишечном тракте, хроническое заболевание головного мозга, ускоряет возникновение атеросклероза. Возможны поражения внутреннего уха, астма, язвенная болезнь, гастрит, гипертоническая болезнь, поражения печени, почек, слизистой оболочки рта и носа, психические заболевания, опухоль мочевого пузыря.

Токсичность разных соединений свинца различна из-за неодинаковой растворимости в жидкостях организма, например, в желудочном соке. Труднорастворимые соединения свинца подвергаются в кишечнике сильным изменениям, приводящим к повышению их растворимости и всасываемости.

Титан Ti. Ат. м. 47,88; т.пл. 1671 °С; т. кип. 3260 °С; плотн. 4,5 г/см³ (20 °С).

ПДК для титана и его двуокиси составляет 10 мг/м³.

Токсическое действие. Физиологически инертен. Пыль карбида титана вызывает изменения главным образом в органах дыхания. Соединения титана могут вызывать различные воспаления, бронхиты, пневмосклероз, поражения легких.

Четыреххлористый титан TiCl₄. Молекулярная масса 189,71; т. пл. 30 °С; т. кип. 136,4 °С; плотн. 1,722 г/см³ (25 °С).

ПДК для титана четыреххлористого (по HCl) составляет 1 мг/м³.

Токсическое действие. Тетрахлорид титана обладает сильным раздражающим и разъедающим действием (гидролизуется, образуя HCl). Поражает слизистые оболочки верхних дыхательных путей и рта, роговицу глаз; вызывает бронхит, ожоги кожи, раздражение носа, гортани. В жидком состоянии оказывает прижигающее действие и быстро разрушает одежду.

Хром Cr. Ат. м. 51,996; т. пл. 1890 °С; т. кип. 2680 °С; плотн. 7,19 г/см³.

ПДК для хроматов, бихроматов (в пересчете на CrO₃) составляет 0,01 мг/м³.

Токсическое действие. Металлический хром малоядовит, но, образуя растворимые хроматы и бихроматы, может оказывать канцерогенное действие. Соединения хрома характеризуются различной ядовитостью в зависимости

от валентности металла: трехвалентные соединения менее токсичны; шестивалентные соединения значительно ядовитее трехвалентных – они обладают и местным, и выраженным общетоксическим действием; шестивалентный хром проникает в красные кровяные тельца. В организме возможен переход трехвалентного хрома в шестивалентный. Может возникнуть аллергия к шестивалентному хрому. Возможны острые и хронические поражения органов дыхания, кожи, слизистых оболочек глаз; заболевания полости рта. Хромовая кислота и ее соли раздражают и прижигают различные слизистые оболочки и кожу, вызывая изъязвления; при вдыхании аэрозолей этих соединений происходит прободение хрящевой части носовой перегородки, воспаление придатков полости носа, слизистой гортани; оказывают общетоксическое действие главным образом на желудочно-кишечный тракт. Могут возникнуть желтуха, заболевания дыхательных путей, бронхиальная астма, рак легких; на поврежденной коже при контакте возникают дерматиты, изъязвления, язвы. Возможны язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки, тяжелое поражение почек.

Хроматы и бихроматы калия, натрия, алюминия вызывают ожоги кожи; в местах ссадин, царапин возникают дерматиты, язвы, экзема.

Цинк Zn. Ат. м. 65,39; т. пл. 419,58 °С; т. кип. 906,2 °С; плотн. 7,13 г/см³.

ПДК для оксида цинка составляет 0,5 мг/м³.

Токсическое действие. Малотоксичен. При нагревании цинка выделяется газообразный оксид цинка, который является токсичным. Вдыхание дыма оксида цинка вызывает «литейную лихорадку»; пыль может вызвать гнойничковую экзему. Хлористые соединения цинка вызывают повреждение легких, изъязвления пальцев рук и предплечий. Растворимые соли цинка вызывают расстройство пищеварения, раздражение слизистых оболочек носоглотки и дыхательного тракта. Могут возникать синюха, нервные расстройства, изъязвления носовой перегородки, экзематозный дерматит, катар верхних дыхательных путей и пищеварительных органов, изменения в крови. Пыль цинка и оксида цинка вызывает изменения в верхних дыхательных путях и бронхах. Хлористый и серноокислый цинк обладают раздражающим и прижигающим действием.

1.2.4 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

Основные требования к воздуху рабочей зоны представлены в ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны», ГОСТ 12.1.016-79 ССБТ «Воздух рабочей зоны. Требования к методикам измерения концентрации вредных веществ» и ГОСТ 12.1.014-84 ССБТ «Воздух рабочей зоны. Метод измерения концентраций вредных веществ индикаторными трубками».

Предельно допустимое содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно-допустимых концентраций (табл. А.1, прилож. А). Это требование должно быть соблюдено при проектировании производственных зданий, технологических процессов, оборудования, вентиляции, при организации контроля за качеством производственной среды и при обеспечении профилактики неблагоприятного воздействия химических веществ на здоровье работающих.

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны подлежит систематическому контролю для предупреждения возможности превышения ПДК – **максимально разовых рабочей зоны и среднесменных рабочей зоны.**

Предельно допустимая концентрация максимально разовая рабочей зоны – разовая (кратковременная) концентрация вредных веществ, наиболее высокая из числа концентраций, зарегистрированных в данной точке за 30-минутный период наблюдения. Устанавливается для предупреждения рефлекторных реакций у человека, связанных с раздражением слизистых оболочек глаз, носа, верхних дыхательных путей, (слезотечение, чихание, кашель, астматические реакции) при кратковременном воздействии (до 20 мин).

Предельно допустимая концентрация среднесменная рабочей зоны – устанавливается для предупреждения общетоксического, мутагенного, канцерогенного и других влияний на человека. Это средняя концентрация из числа, концентраций, выявленных в течение смены или регистрируемая непрерывно в течение рабочей смены [1].

При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны нескольких вредных веществ одинаправленного действия сумма отношений фактических концентраций каждого из них (C_1, C_2, \dots, C_n) в воздухе к их ПДК (ПДК₁, ПДК₂, ..., ПДК_n) не должна превышать единицы

$$C_1/\text{ПДК}_1 + C_2/\text{ПДК}_2 + C_n/\text{ПДК}_n \leq 1 \quad (1.1)$$

Одновременно действующим обладают, например: 1) NO₂ и SO₂; 2) NO₂ и CO; 3) SO₂ и H₂S; 4) спирты; 5) формальдегид и гексан; 6) ацетон и фенол; 7) пары кислот; 8) пары щелочей

При отсутствии одинаправленного действия вредностей расчет ведется по той вредности, разбавление которой до ПДК требует наибольшего количества воздуха.

Контроль за содержанием вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Отбор газов должен проводиться в зоне дыхания при характерных производственных условиях. Для каждого производственного участка должны быть определены вещества, которые могут выделяться в воздух рабочей зоны. При наличии в воздухе нескольких вредных веществ контроль воздушной среды допускается проводить по наиболее опасным и характерным веществам, устанавливаемым органами государственного санитарного надзора.

Требования к контролю за соблюдением максимально разовой ПДК.

Контроль содержания вредных веществ в воздухе проводится на наиболее характерных рабочих местах. Содержание вредного вещества в данной конкретной точке характеризуется следующим суммарным временем отбора: для токсичных веществ – 15 мин, для веществ фиброгенного действия – 30 мин. Полученные результаты сравнивают с величинами ПДК максимально разовой для рабочей зоны.

В течение смены и на отдельных этапах технологического процесса в одной точке должно быть последовательно отобрано не менее трех проб.

При возможном поступлении в воздух рабочей зоны вредных веществ с остронаправленным механизмом действия должен быть обеспечен непрерывный контроль с сигнализацией о превышении ПДК.

Периодичность контроля, за исключением веществ с остронаправленным действием, устанавливается в зависимости от класса опасности вредного вещества: для 1 класса – не реже 1 раза в 10 дней, 2 класса – не реже 1 раза в месяц, 3 и 4 классов – не реже 1 раза в квартал [1].

Требования к контролю за соблюдением среднесменных ПДК. Среднесменные концентрации определяют для веществ, для которых установлен норматив – ПДК среднесменная рабочей зоны. Измерения проводят приборами индивидуального контроля или по результатам отдельных измерений. В последнем случае ее рассчитывают как величину, средневзвешенную во времени, с учетом пребывания работающего на всех (в том числе и вне контакта с контролируемым веществом) стадиях и операциях технологического процесса. Обследование осуществляется на протяжении не менее чем 75 % продолжительности смены в течение не менее 3 смен. Расчет проводится по формуле

$$C_{cc} = \frac{K_1 t_1 + K_2 t_2 + \dots + K_n t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}, \quad (1.2)$$

где C_{cc} – среднесменная концентрация мг/м³;

C_1, C_2, \dots, C_n – среднее арифметические величины отдельных измерений концентраций вредного вещества на отдельных стадиях технологического процесса, мг/м³;

t_1, t_2, \dots, t_n – продолжительность отдельных стадий технологического процесса, мин.

Периодичность контроля за соблюдением среднесменной ПДК должна быть не реже кратности проведения периодических медицинских осмотров, установленных Министерством здравоохранения [1].

1.2.5 Вредные вещества в литейном производстве и их действие на организм человека

При производстве 1 т отливок из стали и чугуна выделяется около 50 кг пыли, 250 кг оксида углерода, 1,5...2 кг оксида серы и 1 кг углеводов.

Пыль. Выделение пыли в основном связано с операциями смесеприготовления и выбивки отливок (табл. Б.1, прилож. Б). Пыль литейных цехов характеризуется высоким содержанием диоксида кремния (до 50%) и мелкодисперсностью. Более 90% пылевых частиц имеют размеры менее 2 мкм. Исходя из этих двух показателей, ПДК пыли в воздухе рабочей зоны литейных цехов, как правило, устанавливают равной 2...4 мг/м³ в зависимости от процентного содержания диоксида кремния в пыли (табл. 1.3) [1].

Таблица 1.3 – ПДК диоксида кремния в воздухе рабочей зоны

Содержание SiO ₂ в пыли, %	ПДК, мг/м ³
Свыше 70	1
10...70	2
Не более 10	4

Работа в производственных помещениях с высокими концентрациями кварцесодержащей пыли приводит к возникновению профессиональных заболеваний пылевой этиологии (бронхит, силикоз, пневмокониоз).

Газы, пары, аэрозоли. Наряду с сыпучими материалами, являющимися источником образования пыли, в литейном производстве находят применение органические и неорганические соединения (связующие, катализаторы, добавки и т.д.), которые также могут служить источником образования и выделения в окружающую среду вредных веществ в виде газов, паров и аэрозолей, отходов.

При работе с органическими связующими в процессе сушки стержней и заливки форм металлом происходит значительное выделение токсичных паров и газов. В таблице Б.2 приложения Б приведены основные вредные вещества, выделяющиеся при изготовлении отливок, содержание которых в воздухе рабочих помещений может превышать ПДК или которые при малых концентрациях в воздухе имеют однонаправленное действие на организм человека.

Указанные вещества характерны для группы связующих. Для отдельной марки связующего с учетом вводимых катализаторов этот перечень может быть несколько уже. Например, для связующего КФ-65С характерно выделение фурфуролового спирта, для ЛСТ – ацетона, применение в качестве катализатора ортофосфорной кислоты ведет к выделению соединений фосфора и т.п. [1].

Для смол фенолофуранового и фенолоформальдегидного классов характерно выделение (как на формовке, так и на заливке) свободных фенола и формальдегида. При использовании в смесях с этими смолами серосодержащих кислотных отвердителей (ароматических сульфокислот) возможно выделение

диоксида серы и сероводорода. Для смесей, отверждаемых продувкой аминами, характерно выделение аминов, аммиака, бензола, толуола и ксилола. Для всех смесей на органических связующих на заливке металла характерно выделение монооксида углерода (СО).

В таблице Б.3 приложения Б дана краткая токсикологическая характеристика вредных веществ и их ПДК.

При плавке легированных сталей и цветных металлов в воздух рабочей зоны могут выделяться аэрозоли конденсации окислов марганца, цинка, ванадия, никеля и многих других металлов и их соединений.

Окись углерода. Окись углерода является основным вредным производственным фактором в чугуно- и сталелитейных цехах. Источники выделения окиси углерода – вагранки и другие плавильные агрегаты, а также залитые формы в процессе остывания, сушильные печи, агрегаты поверхностной подсушки форм и др. Например, концентрация окиси углерода в колошниковых газах вагранок достигает 15%. Количество окиси углерода, выделяющейся при заливке чугуна и стали, зависит от времени пребывания отливки в цехе и массы отливок (при заливке чугуна в формы для получения отливок массой 10-200 кг выделяется 40-500 г СО на 1 т залитого металла).

Двуокись углерода. Двуокись углерода (углекислый газ), применяемый для химической сушки (твердения) песчано-глинистых форм, не токсичен, однако при большом количестве его в воздухе рабочей зоны содержание кислорода уменьшается, что может вызвать тягостное ощущение и даже явление удушья (асфиксию).

1.2.6 Канцерогенные вещества в литейном производстве

Канцерогенные вещества – это вещества, вызывающие раковые заболевания различных органов.

Установлено, что высокой опасности заболевания раком подвержены рабочие чугунолитейных цехов.

В литейном производстве возможно образование в основном 3-х следующих групп канцерогенных веществ [1]:

- бензол C_6H_6 . Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ);
- нитрозамины и нитрозамиды (нитраты, нитриды, оксиды азота, амины);
- неорганические вещества, металлы и их оксиды (Cr (IV), Mn, Ni).

В первую и вторую группы входят органические вещества, содержащие С, О, Н, N.

Бензол и ПАУ образуются при пиролизе органических материалов, содержащих С и Н. При этом материал может нагреваться в интервале температур 500...2000 °С при недостатке кислорода или неполном сгорании.

Наиболее вредным канцерогенным веществом этой группы, по которому осуществляют нормирование канцерогенов в окружающей среде, является бензопирен (БП) $C_{20}H_{12}$. Максимально разовая ПДК_{БП} составляет $15 \cdot 10^{-5}$ мг/м³.

Из ПАУ бензопирен – наиболее химически стойкое вещество, хорошо растворяется в воде. Однако эффективность очистки от него существующими методами низкая и составляет 72...82%, поэтому бензопирен распространяется на большие расстояния от источника загрязнения и накапливается в донных отложениях, планктоне, водорослях, водных организмах.

Растворимость бензопирена в воде составляет 0,01...0,1 мг/л, в присутствии ПАВ она увеличивается в 2-10 раз.

Расчет допустимого уровня бензопирена в воде проводят по формуле

$$D_{\text{БП}} = \frac{a m_{\text{ч}}}{m_{\text{ж}} V_{\text{в}} T K_{\text{з}}} \quad (1.3)$$

где $D_{\text{БП}}$ – допустимая концентрация бензопирена в воде, мг/л;

a – безопасная концентрация бензопирена, полученная экспериментальным путем, мг/л;

$m_{\text{ч}}$, $m_{\text{ж}}$ – средняя масса человека и экспериментального животного соответственно, кг;

$V_{\text{в}}$ – объем воды, потребляемый человеком в течение года (~ 800 л);

T – средняя продолжительность жизни человека (70 лет);

$K_{\text{з}}$ – коэффициент запаса.

Норматив по бензопирену в воде питьевой и культурно-бытового водопользования составляет 0,005 мг/л.

Сложным является нормирование бензопирена в почве, т.к. способность накапливаться и проникать зависит от типа почвы. Ориентировочная концентрация бензопирена в почве составляет 10...20 мг/кг почвы.

Исследования по попаданию бензопирена в организм человек показали, что оно происходит, главным образом, с продуктами питания и составляет за весь период жизни несколько десятков миллиграмм.

Источниками бензопирена в литейном производстве являются: органические связующие (табл. 1.4), индустриальные масла [1].

Таблица 1.4 – Выделение бензопирена при пиролизе литейных связующих

Связующее	Марка	Количество бензопирена, 10^{-5} мг/м ³
Смола	СФ-015	0,39
	КФ-90	25,0
Кубовые остатки	КО	104

Наиболее опасными по бензопирену являются промышленные масла, которые применяют:

- в системах гидравлики плавильных печей (гидроцилиндры индукционных печей (скапливается под печами и при выпуске горит);
- при изготовлении формовочных смесей (в качестве добавки);
- при механической обработке (добавляется в смазочно-охлаждающую жидкость).

Анализ содержания бензопирена в воздухе рабочей зоны в литейном цехе приведен в таблице 1.5 [1].

Неорганические вещества, являющиеся канцерогенными, такие как Cr (IV), Mn, Ni, могут выделяться при плавке легированных сталей, металлообработке.

Таблица 1.5 – Содержание бензопирена в воздухе рабочей зоны в литейном цехе

Отделение литейного цеха	Содержание бензопирена, 10^{-5} мг/м ³
Плавильное: плавка в вагранках	1,4
индукционная печь: плавка с использованием стружки	43
обычная плавка	6
дуговая печь	6
заливка форм	10...12
Выбивное: выбивка отливок: без стержней	2...5
со стержнями	40...160
Стержневое: по горячим ящикам	1...5
связующее КО	60
Смесеприготовительное	3

1.2.7 Основные источники пыли и газозадушных выбросов в литейном производстве

В современных чугунолитейных цехах в качестве плавильных агрегатов применяют водоохлаждаемые вагранки закрытого типа, индукционные тигельные печи повышенной и промышленной частоты, дуговые печи типа ДЧМ, а в современных сталеплавильных – дуговые и индукционные печи с основной

и кислой футеровкой, установки электрошлакового переплава, вакуумные печи различных конструкций и т.д. В таблице 1.6 приведены усредненные данные о вредных веществах, выделяющихся при плавке металла [1].

Выбросы загрязняющих веществ при плавке металла зависят от двух составляющих:

- состава шихты и степени ее загрязнения;
- от выбросов самих плавильных агрегатов в зависимости от используемых видов энергии (газ, кокс, и т.п.) и технологии плавки.

Таблица 1.6 – Выделение вредных веществ и уровни шума при плавке металла в плавильных агрегатах

Параметр	Водоохлаждаемые вагранки закрытого типа	Индукционные тигельные печи		Дуговые печи
		повышенной частоты	промышленной частоты	
Содержание пыли в отходящих газах, кг/т	10...18	0,3	0,3	5...10
Газообразование, м ³ /т	1000	4	5	120
Уровень шума, дБА	80 (постоянно)	30 (при загрузке шихты)	50 (при загрузке шихты)	90 (при плавлении)

Вредные выбросы при выплавке металлов и сплавов

Выплавка металлов в вагранках. При выплавке металла в вагранках количество и состав отходящих газов, их запыленность predetermined типом вагранок, которые различаются типом дутья, видом используемого топлива, конструкцией горна, шахты, колошника.

В среднем при работе вагранок на каждую тонну чугуна приходится 1000 м³ выбрасываемых в атмосферу газов, содержащих 5...20 % окиси углерода; 5...17 % углекислого газа; до 2 % кислорода; до 1,7 % водорода; до 0,5 % сернистого ангидрида; 70...80 % азота [1]. Количество пыли, попадающей в воздух, из расчета на каждую тонну чугуна составляет 3...20 г/м³ (табл. В.1 – В.3 прилож. В).

Значительно меньше количество выбросов из вагранок закрытого типа. Так, в дымовых газах отсутствует окись углерода, а к.п.д. очистки от взвешенных частиц достигает 98...99 %.

Химический состав ваграночной пыли различен и зависит от состава металлозавалки, шихты, состояния футеровки, вида топлива, условий работы вагранки.

Выплавка металлов в электродуговых печах. Сравнительно большой выход технологических газов наблюдается при плавке стали в электродуговых печах. В данном случае состав газов зависит от периода плавки, марки выплавляемой стали, герметичности печи, способа удаления газов и наличия кислородной продувки. При плавке углеродистых сталей газы на уровне выступа рабочего окна содержат (по объему) 0,05...0,22 % окиси углерода, 0,8...6 % углекислого газа, 15...20 % кислорода, до 0,01 % водорода, до 0,07 % окислов азота и до 0,005 % оксидов серы. В среднем за плавку выделяется 10...20 кг пыли на каждую тонну жидкой стали, но интенсивность ее выделения меняется по периодам плавки. Во время плавления шихты, окисления примесей и в восстановительный период выносятся соответственно 0,15...0,6; 2,3...3,6 и 0,3...1,3 кг/ч пыли на 1 т стали. Примерный химический состав пыли, %: Fe_2O_3 – 56,8; Mn_2O_3 – 10; Al_2O_3 – 5; SiO_2 – 6,9; CaO – 6,9; MgO – 5,8; остальное – хлориды, оксиды хрома и фосфора. Размер частиц пыли 0...20 мкм, однако основную ее массу (около 75 %) составляют частицы 0...4 мкм. Количество выбрасываемых газов и пыли в зависимости от вместимости печи приведено в таблице Г.1 – Г.3 приложения Г.

Выплавка металла в индукционных печах. При плавке в индукционных печах основной составляющей пыли являются окислы железа, остальное – окислы кремния, магния, цинка, алюминия в различном соотношении в зависимости от химического состава металла и шлака. Выделяемые при плавке чугуна в индукционных печах частицы пыли имеют дисперсность от 5 до 100 мкм. Количество газов и пыли в 5...6 раз меньше, чем при плавке в электродуговых печах (табл. 1.6; табл. Д.1, прилож. Д).

Вредные выбросы при выполнении основных технологических процессов в литейных цехах

Выбросы при выпуске чугуна. При выпуске чугуна из вагранки в заливочные ковши выделяется 20 г/т графитовой пыли и 130 г/т окиси углерода; из других плавильных агрегатов вынос пыли менее значителен.

Выбросы при заливке форм. При заливке форм в атмосферу цеха попадают водяные пары, водород и повышенное количество окиси углерода, образующейся в результате реакции горения органических примесей. Также при литье под действием теплоты жидкого металла из формовочных смесей выделяются бензол, фенол, формальдегид и другие токсичнее веществ. Их количество зависит от состава формовочных смесей, массы и способа получения отливки и других факторов.

При разливе чугуна в формы выделение окиси углерода в атмосферу цеха зависит от массы отливок (табл. Е.1, прилож. Е). В состав выделяющихся газов входит более 50 % водорода, 30...35 % окиси углерода и некоторое количество (около 10 %) двуокиси углерода, сероводород, сернистый ангидрид, предельные углеводороды, непредельные углеводороды, азот и кислород.

В таблице Е.2 приложения Е даны приведенные (в пересчете на оксид углерода) удельные газовыделения при заливке и охлаждении форм и стержней с использованием холоднотвердеющих смесей.

Наиболее интенсивно окись углерода выделяется на начальной стадии застывания отливки (около 70 %). Окись углерода, ПДК которой равна 20 мг/м^3 , относится к наиболее вредным компонентам газа, выделяющегося из литейных форм после заливки в них металла. Фактическое содержание СО в таком газе в зависимости от состава смесей изменяется в пределах 8...35 % по объему, т.е. превышает ПДК в $(6...20) \cdot 10^3$ раз. Содержание других компонентов (фенола, формальдегида, аммиака и т.п.) также в 10...1000 раз выше соответствующих ПДК [3].

Процесс газообразования в разовой форме описывается формулами

$$Q = aS\sqrt{t}, \quad (1.4)$$

$$\omega = aS/(2\sqrt{t}), \quad (1.5)$$

где Q – количество образующихся газов, м^3 ;

S – поверхность контакта металла с формой и стержнями, м^2 ;

t – время от момента заливки металла до кристаллизации отливки, с;

ω – скорость газовой выделения форм, $\text{м}^3/\text{с}$.

Приведенный коэффициент газообразования

$$a = \frac{a_{\text{ф}}S_{\text{ф}} + a_{\text{ст}}S_{\text{ст}}}{S_{\text{ф}} + S_{\text{ст}}}, \quad (1.6)$$

где $a_{\text{ф}}$, $a_{\text{ст}}$ – коэффициенты газообразования формовочной и стержневой смесей, $\text{с}^{0,5}$;

$S_{\text{ф}}$, $S_{\text{ст}}$ – поверхности контакта металла с формой и со стержнями, м^2 .

Выбросы при изготовлении форм и стержней. Для форм и стержней в литейных цехах широко применяются песчаные самотвердеющие смеси: химически твердеющие (CO_2 -процесс), пластичные самотвердеющие (ПСС), холоднотвердеющие (ХТС), быстрохолоднотвердеющие (БХТС), горячетвердеющие (ГТС), наливные самотвердеющие (НСС).

Для отверждения НСС используют соединения шестивалентного хрома (в частности, триоксид хрома, водный раствор которого представляет собой сильную хромовую кислоту). Триоксид хрома при температуре плавления (197°C) начинает диссоциировать и с повышением температуры его диссоциация резко возрастает. Соединения шестивалентного хрома очень вредны, поэтому их ПДК_{р.з} составляет $0,01 \text{ мг/м}^3$.

Изготовление форм и стержней, связанное с продувкой углекислым газом, применением различных катализаторов и связующих на основе синтетических смол, вызывает дополнительные газовой выделения. Помимо окиси углерода и углекислого газа в атмосферу выносятся токсичные парогазовые смеси, включающие формальдегид, фуриловый и метиловый спирт, аммиак, серную кислоту и т.п. [1].

Степень загрязнения воздушной атмосферы токсичными веществами на некоторых участках литейных цехов, где для приготовления ХТС используется смола СФ-3042–2,5 и бензолсульфоокислота, приведена в таблице 1.7 [2].

Таблица 1.7 – Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м³

Вещество	ПДК, мг/м ³	Рабочая зона				
		оператора стержневой линии	стерженщика	у залитой металлической формы	в 3 м от залитой металлической формы	в кабине крановщика заливаемого участка
Фенол	0,3	1/0,8	2,7/0,7	1,3	0/0,1	0,1/0
Формальдегид	0,5	0,3/0,2	0,9/0,2	не обнаружен		
Метиловый спирт	5,0	1,2/0,8	2,1/0,8	0,5/0,3	0,3/0,2	0,3/0
Бензол	5,0	–	–	7/30,8	1,1/2,6	0/10,2
Окись углерода	20	–	–	66/54,5	4/12	10,5/6,3

Примечание. В числителе даны значения для теплого периода года, в знаменателе – для холодного периода.

Интенсивность выделения вредных веществ (приведено к формальдегиду) при изготовлении стержней из холоднотвердеющей смеси в зависимости от связующего вещества (газовыделение отнесено к 1 дм² площади поверхности стержня) представлено в таблице Ж.1 – Ж.3 приложения Ж.

Основная доля газовыделения приходится на первые 20...30 мин отверждения, а максимальная скорость наблюдается, как правило, в момент окончания перемешивания смеси и начала отверждения. Следовательно, устройства местной вытяжной вентиляции должны в первую очередь обеспечивать удаление вредностей из рабочей зоны, где идет засыпка ящиков смесью и первичное отверждение стержней и форм (около 30 мин) [1].

Для сравнительной гигиенической оценки смесей с различными связующими используется интегральный показатель, учитывающий состав газов и ПДК каждого из его составляющих. С этой целью скорости выделения отдельных компонентов v_i приведены к скорости выделения формальдегида

$$v_i^{\text{ф}} = v_i \frac{\text{ПДК}_{\text{ф}}}{\text{ПДК}_i}, \quad (1.7)$$

где v_i – скорость выделения i -го компонента в пересчете на формальдегид. Тогда полная скорость газовыделения составляет

$$v = \sum_{i=1}^{i=n} v_i^{\phi}. \quad (1.8)$$

По данным таблицы 1.8 можно рассчитать v .

Таблица 1.8 – Скорость газовыделений при отверждении ХТС, мг/(кг·мин)

Вещество	Марка связующего			
	РСФ-3010	ФФ-1Ф	БС-40	УКС с фурфуроловым спиртом
Формальдегид	0,082/0,023	0,085/0,013	0,110/0,038	0,055/0,014
Метанол	0,190/0,076	0,360/0,110	2,900/0,980	6,700/2,500
Фенол	0,016/0,012	0,012/0,011	–	–
Фурфурол	–	0,022/0,010	0,012/0,004	0,031/0,008
Ацетон	6,900/2,420	–	–	–

Примечание. В числителе приведена максимальная скорость, в знаменателе – средняя скорость.

Газовыделения, рассчитанные по уравнениям 1.7 и 1.8, являются необходимыми исходными данными для проектирования вентиляции на стержневых и формовочных участках при применении ХТС с синтетическими смолами.

Газовыделение:

при заполнении ящиков смесью

$$Q_1 = q_1^{\phi} \rho \tau_1, \quad (1.9)$$

где q_1^{ϕ} – приведенное удельное газовыделение при заполнении ящиков смесью, мг/(кг·ч);

ρ – производительность смесителя, кг/ч;

τ_1 – время заполнения ящиков, ч;

при отверждении

$$Q_2 = q_2^{\phi} S \tau_2, \quad (1.10)$$

где q_2^{ϕ} – приведенное удельное газовыделение при отверждении, мг/(дм²·ч);

S – площадь открытой поверхности стержней (форм), находящихся одновременно в зоне отверждения, дм²;

τ_2 – время отверждения, ч.

$$S = 1,18\sqrt[3]{\rho_1^2}, \quad (1.11)$$

где ρ_1 – периметр открытой поверхности стержней (форм), находящихся одновременно в зоне отверждения.

Исходные данные для расчетов, полученные экспериментальным путем, приведены в таблице Ж.2 приложения Ж.

При изготовлении форм и стержней с тепловой сушкой и в нагреваемой оснастке загрязнение воздушной среды токсичными компонентами возможно на всех стадиях технологического процесса: при изготовлении смесей, отверждении стержней и форм и охлаждении стержней после извлечения из оснастки. Для предотвращения этого сушильные агрегаты, машины для изготовления стержней и форм, рабочие зоны, где они охлаждаются и обрабатываются, необходимо оборудовать местной вытяжной вентиляцией. Максимальное газовыделение приходится на первые 15 мин после начала отверждения. Используется метод расчета и оценки условной токсичности смесей, которая определяется по уравнению

$$T = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{v_i}{\text{ПДК}}, \quad (1.12)$$

где v_i^* – удельное количество вредного вещества за определенный промежуток времени, мг/кг.

Газовыделение и условная токсичность смесей, отверждаемых тепловой сушкой, представлены в таблице Ж.3 приложения Ж.

Приведенные в таблице Ж.3 приложения Ж данные позволяют всесторонне охарактеризовать токсичность различных смесей и пересчитать газовыделение Q , мг/ч для проектирования вентиляции в цехах по следующему уравнению

$$Q = v_i m P_0, \quad (1.13)$$

где m – масса стержня, кг;

P_0 – производительность стержневого оборудования, стержней/ч.

Смеси необходимо оценивать по составу и количеству выделяющихся вредных веществ с учетом их ПДК, а борьба с ними должна вестись не только средствами вентиляции, но путем совершенствования технологического процесса, например, снижения расхода связующего.

Выбросы при сушке форм и стержней. При сушке форм и стержней в сушиле выделяется, главным образом, окись углерода и сернистый газ (табл. К.1, прилож. К). Их количество зависит от вида сжигаемого топлива. Твердое топливо дает 200...250 г/кг окиси углерода и 15...20 г/кг сернистого газа, жидкое дает соответственно 30...50 г/кг и 40...60 г/кг. Наименьшие выделения наблюдаются при сжигании природного газа – всего 0,75 г/кг СО.

Выбросы при выполнении смесеприготовительных работ. В смесеприготовительных отделениях литейных цехов источниками пыли являются смесители. Выделяющаяся пыль насыщена парами сульфитного щелока, различных углеводородов и других органических примесей. Например, в цехе оболочкового литья с годовой программой 15 тыс. т от установки по приготовлению плакированной смеси воздушная среда загрязняется кварцевой пылью, превышающей ПДК в 4 раза. Так, количество отсасываемого воздуха от бегунов с горизонтальными и вертикальными катками достигает 3 тыс. м³/ч (при содержании пыли 7, 5 г/м³), от центробежных маятниковых бегунов – 15 тыс. м³/ч (40 г/м³), дисперсный состав пыли приведен в таблице Л.1 приложения Л.

Выбросы при операциях выбивки отливок. Операция выбивки отливок из опок – одна из наиболее вредных в литейном производстве. Она сопровождается значительным выделением пыли, газов, различных паров и высоким уровнем шума. Запыленность воздуха над выбивной решеткой при подвесных вытяжных зонтах составляет 2...7 кг/м³, а при боковых зонтах – 1,2...2,5 кг/м³. Объем воздуха, отсасываемого с 1 м² площади решетки, колеблется в пределах 6...10 тыс. м³/ч, дисперсный состав пыли, выделяющейся от выбивных решеток различных конструкций приведен в таблице М.1 приложения М.

От участков выбивки отливок на 1 м² площади решетки выделяется до 45...60 кг/ч пыли, 5...6 кг/ч оксида углерода, до 3 кг/ч аммиака.

Выбросы при операциях обрубки и очистки литья. Большое количество пыли образуется в отделении обрубки и очистки литья. При обрубке концентрация ее в воздухе достигает 6...8 г/м³, а в непосредственной близости от обрабатываемых отливок – 20 г/м³. Дисперсный состав пыли представлен в таблице 1.9 [3].

Таблица 1.9 – Дисперсный состав пыли, образующейся при обрубке

Параметр	Состав пыли			
	до 2	2...5	5...10	более 10
Диаметр частиц, мкм	до 2	2...5	5...10	более 10
Содержание фракций, %	90...32	4,9...5,2	2,7...1,8	2,4...1,0

Концентрация пыли в воздухе рабочей зоны и удельные выбросы пыли при различных способах очистки отливок приведены в таблице Н.1 приложения Н.

Повышенными вредными выделениями отличаются также следующие участки литейных цехов: **подготовки шихтовых материалов** (запыленность воздуха достигает 5...15 г/м³), **термической обработки, грунтовки и окраски отливок**.

Вентиляционный воздух, выбрасываемый от участков термической обработки, обычно загрязнен парами и продуктами горения масла, аммиаком, циановодородом и другими веществами, поступающими в систему местной вытяжной вентиляции от ванн и агрегатов для термической обработки. Источниками загрязнений на участках термической обработки являются нагревательные печи, работающие на жидком и газообразном топливе, а также дробеструйные и дробеметные камеры.

Для определения массы выделений вредных веществ от пламенных нагревательных печей целесообразно пользоваться удельными показателями по выбросам, приведенным к единице массы (т) или объема (м³) сжигаемого топлива (табл. 1.10) [3].

Таблица 1.10 – Вредные вещества, выделяющиеся в атмосферу от пламенных нагревательных печей

Вид топлива	Вещества, содержащиеся в газовоздушных выбросах при использовании жидкого топлива, кг/т, и при использовании газообразного топлива, кг/тыс. м ³				
	Пыль	Оксиды азота	Диоксид серы	Оксид углерода	Углеводороды
Мазут	1,2	12,4	19	$4,8 \cdot 10^{-3}$	0,38
Природный газ	$2,4 \cdot 10^{-3}$	6,24	–	Следы	Следы

Концентрация пыли в воздухе, удаляемом из дробеструйных и дробеметных камер, где металл очищается после термической обработки, достигает 2...7 г/м³. При закалке и отпуске деталей в масляных ваннах в отводимом от ванн воздухе содержится до 1% паров масла от массы металла. При цианировании выделяется до 6 г/ч циановодорода на один агрегат цианирования.

На участках окраски токсичные вещества выделяются при обезжиривании поверхностей органическими растворителями перед окраской, подготовке лакокрасочных материалов, нанесении их на поверхность изделий и сушке покрытия. Воздух, удаляемый вентиляционными отсосами от окрасочных камер, напольных решеток, сушильных установок и других устройств, всегда загрязнен парами растворителей, а при окраске распылением, кроме того, окрасочным аэрозолем. При окраске изделий порошковыми полимерными материалами в вентиляционном воздухе содержится пыль.

Концентрация вредных веществ в вентиляционных выбросах, удаляемых от мест окраски, зависит от состава и расхода лакокрасочных материалов, способа их нанесения на окрашиваемую поверхность, устройства вентиляции, окрасочного оборудования, метода окрашивания. В вентиляционных выбросах участков окраски могут содержаться окрасочный аэрозоль (до 1 мг/м³) и пары растворителей (до 10 г/м³).

Масса паров растворителей, выбрасываемых в атмосферу от окрасочного и сушильного оборудования [4], может быть определена по формуле

$$m = m_1 k_1 k_2 k_3 (1 - \eta_p), \quad (1.14)$$

где m_1 – расход лакокрасочных материалов, г/ч;

k_1 – доля растворителей в лакокрасочных материалах (при покрытии лаком в лакокрасочных машинах k_1 равен 0,6 и 0,8 соответственно для металлических и деревянных изделий);

k_2 – коэффициент, учитывающий количество выделяющегося растворителя из лакокрасочного материала за время окраски и сушки (для камер окраски распылением $k_2 = 0,3$, для сушильных установок $0,7$);

k_3 – коэффициент, учитывающий поступление паров растворителей в рабочую зону (обычно $2...3\%$);

η_p – эффективность улавливания паров растворителей в системе очистки вентиляционных выбросов (для гидрофильтров $0,3...0,35$).

Масса выбросов аэрозолей от окрасочного оборудования с вентиляционным воздухом в атмосферу рассчитывается по формуле

$$m = m_1 k_4 k_5 (1 - \eta_p), \quad (1.15)$$

где k_4 – доля лакокрасочных материалов, расходуемых на образование окрасочного аэрозоля (зависит от способа распыления краски);

k_5 – коэффициент, учитывающий поступление окрасочного аэрозоля в рабочую зону; $k_5 = k_3$;

η_p – эффективность улавливания окрасочного аэрозоля гидрофильтрами, обычно $0,92...0,98$.

Значения k_1 и k_4 для различных способов окраски металлических изделий приведено в таблице 1.11 [4].

Таблица 1.11 – Значения коэффициентов k_1 и k_4 для различных способов окраски металлических изделий

Способ окраски	k_1	k_4
Распыление:		
пневматическое	0,40	0,30
безвоздушное	0,22	0,25
Электроосаждение	0,10	–
Окунание	0,35	–
Струйный облив	0,25	–

1.3 Физические опасные и вредные производственные факторы

1.3.1 Теплота

Избыточное выделение тепла осуществляется основным технологическим оборудованием – плавильными агрегатами и составляет от 14 до 62 % от общего расхода тепла на расплавление металла, так при расплавке металла выделяется около 3000 МДж тепла на тонну металла.

Действие избыточной теплоты на организм человека. Интенсивность теплового потока на ряде рабочих мест достигает высоких значений. Известно,

что интенсивность теплового потока менее $0,7 \text{ кВт/м}^2$ не вызывает неприятного ощущения, если действует в течение нескольких минут, а свыше $3,5 \text{ кВт/м}^2$ уже через 2 сек вызывает жжение. Кроме того, воздействие теплового потока на организм человека зависит от спектральной характеристики излучения. Наибольшей проникающей способностью в организме обладают инфракрасные лучи с длиной волны до 1,5 мкм (не поглощаются кожным покровом), а на кожу наиболее резко действуют лучи с длиной волны свыше 1,5 до 3 мкм.

Количество теплоты, выделяющейся на различных участках литейных цехов, представлено в таблице 1.12 [2]. Оптимальные и допустимые нормы параметров микроклимата в производственных помещениях представлены в ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» и ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату».

Мероприятия по защите от тепловых излучений. При разработке мер, направленных на нормализацию тепловых излучений на рабочих местах необходимо:

- привести справочные данные или рассчитать интенсивность теплового потока на рабочих местах, которые расположены близ источников тепловых излучений;
- сравнить полученные результаты с гигиеничными требованиями относительно теплового излучения на рабочих местах;
- разработать мероприятия, направленные на уменьшение интенсивности теплового потока технологическими путями или с использованием вентиляции;
- рассчитать, при необходимости, теплозащитный экран для наиболее интенсивного источника излучения.

Таблица 1.12 – Количество теплоты, выделяемой на различных участках конвейерных литейных цехов, МДж на 1 т заливаемого металла

Источник выделения теплоты	При подаче с выбивки на очистку горячих отливок		При остывании на участке выбивки отливок	
	мелких	средних	мелких	средних
Участок заливки	84	126	84	126
Охладительный кожух	63	63	63	63
Участок выбивки	63	84	126	168
Участок очистки отливок	105	147	42	63
Горелая смесь	105	147	105	147

Данные по интенсивности теплового потока на рабочих местах в литейных цехах приведенные в литературе [2]. Интенсивность для случаев, которые не отражены в литературе, можно рассчитать по формулам:

$$q = 3,26 \cdot F \left[\left(\frac{T}{100} \right)^4 - 110 \right] \frac{1}{l^2} \quad \text{при } \frac{1}{F} \geq 1, \quad (1.16)$$

$$q = 3,26 \cdot \sqrt{F} \left[\left(\frac{T}{100} \right)^4 - 110 \right] \frac{1}{l} \quad \text{при } \frac{1}{F} < 1, \quad (1.17)$$

где q – интенсивность теплового потока, Вт/м²;

F – площадь поверхности, которая излучает, м²;

T – температура поверхности, которая излучает, К;

l – расстояние от центра поверхности, которая излучает, к объекту, который подлeжит облучению, г.

Гигиеничные требования к тепловому излучению на рабочих местах зависят от:

- стажа работы в цехе;
- времени влияния теплового потока;
- температуры источника тепла;
- температуры воздуха на рабочем месте.

1.3.2 Шум в литейных цехах

Технологии производства получения отливок предполагают использование крупных и сложных технологических комплексов, работа которых сопровождается интенсивным шумом. Это в значительной степени усложняет условия труда и отрицательно влияет на работоспособность персонала, обслуживающего технологические комплексы.

Наибольшие уровни шума характерны для участков формовки, выбивки отливок, зачистки, обрубки и некоторых других.

Для обеспечения нормальных условий труда на рабочих местах с повышенным уровнем шума необходимо внедрение технических решений, шумозащитных материалов и конструкций, обеспечивающих снижение уровня звукового давления до нормативного значения.

Действие шума на организм человека. Шум как акустическое явление воздействует не только на органы слуха. Он может вызывать и другие недуги, например, опухоли желудка, кишечника, нарушение кровообращения, сужение сосудов и др. Воздействуя на центральную нервную систему, шум влияет на жизнедеятельность организма: повышается артериальное давление, замедляется психическая реакция и, следовательно, снижается производительность труда, возрастает опасность производственного травматизма. Вредный для здоровья предел уровня громкости составляет 80 дБА (при длительном воздействии), звук громкостью 130 дБА вызывает у человека болевые ощущения, 155 дБА – ожоги, громкость 180 дБА – смертельна [1].

Вредное воздействие на человеческий организм шум оказывает не сразу, а спустя определенное время.

В результате длительного воздействия производственного шума высокого уровня на человека производительность труда в ряде случаев снижается на 60 %, число ошибок в расчетных работах увеличивается более чем на 50 %.

Если уровень шума в производственных зонах превышает, нормы все работающие должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты и должны быть предприняты меры по ограничению уровня шума.

В литейных цехах много зон повышенного шума: шихтовые отделения при разгрузке, наборе и взвешивании шихты; плавильные отделения, оборудованные электродуговыми печами; формовочные и стержневые отделения при работе встряхивающих машин; отделения обрубки и очистки литья. Уровень шума в последних достигает 120 дБА.

В зависимости от среды, в которой распространяется звук, он условно подразделяется на структурный (распространяется в инженерных конструкциях и сооружениях) и воздушный (излучается непосредственно в воздух).

Физические характеристики шума. Шум как физический фактор представляет собой волнообразно распространяющееся механическое колебательное движение упругой среды. Физические характеристики шума определяются в соответствии с ГОСТ 12.1.003-86 ССБТ «Шум. Общие требования безопасности».

Основными характеристиками шума являются:

- интенсивность (сила звука) I , Вт/м²;
- звуковое давление P , Н/м², Па;
- мощность звука N , Вт.
- уровень интенсивности звука, дБ, рассчитывается по формуле

$$L_I = 10 \lg \frac{I}{I_0}, \quad (1.18)$$

- уровень звукового давления, дБ, рассчитывается по формуле

$$L_P = 20 \lg \frac{P}{P_0}, \quad (1.19)$$

- уровень звуковой мощности, дБ, рассчитывается по формуле

$$L_N = 10 \lg \frac{N}{N_0}, \quad (1.20)$$

где I , P , N – фактические значения интенсивности звука, звукового давления и мощности звука, соответственно;

I_0 – интенсивность звука на пороге слышимости, 10^{-12} Вт/м²;

P_0 – звуковое давление, при котором два звука еще можно различить, $2 \cdot 10^{-5}$ Па при частоте 1000 Гц;

N_0 – мощность звука на пороге слышимости, 10^{-12} Вт.

– частота звука f , Гц. Звуковой диапазон частот делится на три области, Гц: низкочастотную (16 – 400), среднечастотную (400 – 1000) и высокочастотную (свыше 1000).

При анализе шума звуковой спектр (звуковой диапазон частот) разбивают на **октавные полосы** (октавы). **Октава** – часть звукового спектра, для которой выполняется соотношение: частота верхняя, f_B , равна удвоенной частоте нижней, f_H . Относительно значений среднегеометрических частот октавных полос осуществляют нормирование уровней звукового давления. Среднегеометрическая частота определяется по формуле

$$f_{\text{ср.геом}} = \sqrt{f_H f_B}, \quad (1.21)$$

где $f_{\text{ср.геом}}$ – среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц;

f_H – нижняя частота октавы, Гц;

f_B – верхняя частота октавы, Гц.

– фактор направленности Φ , показывает во сколько раз фактическое значение интенсивности шума отличается от среднего значения его интенсивности (рис. 1.1), рассчитывается по формуле

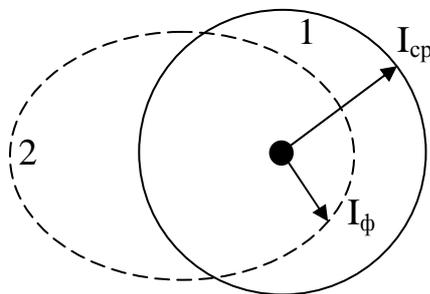
$$\Phi = I_\Phi / I_{\text{ср}}, \quad (1.22)$$

где I_Φ – фактическое значение интенсивности, Вт/м²;

$I_{\text{ср}}$ – среднее значение интенсивности, Вт/м².

– показатель направленности G , дБ, рассчитывается по формуле

$$G = 10 \lg \Phi \quad (1.23)$$



1 – теоретическая область распространения шума от источника шума;

2 – область распространения шума с учетом экранирования

Рисунок 1.1 – Распространение шума от источника шума теоретическое и с учетом экранирования

Классификация шума

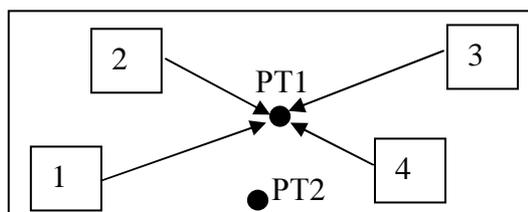
По **характеру спектра** шум делят на:

- *широкополосный* (шум характеризуется непрерывным спектром, охватывающим более чем одну октаву);
- *тональный* (шум одного тона).

По **временным характеристикам** шумы подразделяются на такие:

- *постоянные*, когда уровень звука изменяется не более чем на 5 дБ;
- *непостоянные*: колеблющиеся (уровень звука непрерывно меняется во времени), прерывистые (уровень звука резко падает до уровня фонового шума, длительность звука более 1 с), импульсные (состоят из одного или нескольких звуковых сигналов длительностью звука менее 1 с, действуют отрицательно как и тональный звук).

Методы акустических расчетов. Акустические расчеты проводят при проектировании рабочих мест в производственном помещении. Данные расчеты заключаются в определении уровня звукового давления в расчетных точках (РТ) (рис. 1.2).



1–4 – источники шума в цехе; РТ 1 – расчетная точка в зоне прямого звука;
РТ 2 – расчетная точка в зоне отраженного звука

Рисунок 1.2 – Схема взаимного расположения источников шума и расчетных точек

В паспортных данных оборудования приведена звуковая мощность и величина фактора направленности. Область распространения звука полусфера, площадь которой рассчитывается по формуле

$$S = 2\pi r^2, \quad (1.24)$$

где S – площадь полусферы, m^2 ;

r – радиус полусферы, m .

Интенсивность звука рассчитывают согласно уравнению

$$I = \frac{N \Phi}{2\pi r^2 K}, \quad (1.25)$$

где N – мощность звука, Вт; –
 Φ – фактор направленности;
 K – коэффициент, учитывающий затухание шума за счет преодоления препятствий; $K = 1$, если $r \leq 50$ м.

Если выражение (1.25) разделить на I_0 , прологарифмировать, умножить на 10, то получим уравнение

$$10\lg \frac{I}{I_0} = 10\lg \frac{N}{I_0 1\text{м}^2} + 10\lg \Phi - 10\lg 2\pi r^2 - 10\lg K. \quad (1.26)$$

На основании формулы 1.26 очевидно, что определение уровня шума в расчетной точке для прямого звука возможно по формуле

$$L_I = L_N + G - 10\lg(2\pi r^2) - \Delta L, \quad (1.27)$$

где L_I – уровень интенсивности звука, дБ;
 L_N – уровень мощности звука, дБ;
 G – показатель направленности, дБ;
 ΔL – затухание звука, дБ, за счет преодоления различных препятствий, при отсутствии препятствий на пути распространения шума и небольших расстояниях равно нулю.

Суммирование уровней звука в расчетной точке от нескольких источников шума осуществляется по формуле

$$L = 10\lg\left(\sum_{i=1}^{i=n} 10^{0.1L_i}\right). \quad (1.28)$$

Если источники равношумящие, то формула (1.28) упрощается

$$\sum L = L_1 + 10 \lg n, \quad (1.29)$$

где n – количество равношумящих источников;

L_1 – уровень интенсивности одного из равношумящих источников, дБ.

Нормирование уровней шума. Нормирование шума осуществляется в соответствии с ГОСТ 12.1.003-86 ССБТ «Шум. Общие требования безопасности» и ДСН 3.3.6.037-99 «Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».

Нормы на уровни шума зависят от выполняемой работы и частоты звука (нормативные уровни звука при тональном и импульсном шуме должны снижаться на 5 дБ).

Совокупность 9 нормативных уровней (ПДУ) называется предельным спектром (ПС), № которого равен ПДУ со среднегеометрической частотой 1000 Гц.

Для рабочих мест в производстве ПС имеет № 75, для рабочих мест с речевой связью ПС имеет № 60. Нормативные значения уровней шума относительно среднегеометрических значений октавных полос представлены в таблице П.1 приложения П.

В тех случаях, когда уровень шума невозможно измерить или нормировать в отдельных октавных полосах, нормирование осуществляется в эквивалентных уровнях звука L_A , дБА.

$$L_{дБА} = \text{№ ПС} + 5 \quad (1.30)$$

В случае, когда отдельные частоты не выделяются, уровень шума в дБА измеряется шумомером на диапазоне А, который моделирует, в определенной степени, субъективное восприятие шума человеческим ухом (осуществляется интегральная оценка). Более объективно замеряются высокие звуки (частоты), низкие частоты замеряются не столь точно.

Мероприятия по защите от шума. При разработке технологических процессов, проектировании, изготовлении и эксплуатации машин, а также при организации рабочих мест необходимо осуществлять все необходимые мероприятия по снижению шума до значений, не превышающих допустимых норм.

В таблице Р. 1 приложения Р приведены характеристики уровней звуковой мощности для некоторого оборудования литейных цехов. Анализ этих данных показывает, что наиболее шумоопасным оборудованием в литейных цехах являются формовочные машины, выбивные решетки, пластовые мельницы, очистительные барабаны, пескометы, вибрационные сита и трамбовки.

Исходя из шумовых характеристик оборудования, выбранного для цеха или участка, и с учетом его расположения в производственном помещении, необходимо составить шумовую карту, которая имеет вид, представленный на рисунке 1.3.

Если известна звуковая мощность оборудования L_N , то уровень шума L от этого оборудования в расчетной точке, отдаленной от него на расстояние r , м, можно определить с помощью упрощенной формулы 1.31, которая не учитывает фактор направленности шума и затухание шума вследствие преодоления шумом препятствий

$$L = L_N - 10 \lg(2\pi r^2). \quad (1.31)$$

Суммарный уровень шума в расчетной точке от нескольких единиц оборудования, дБ, рассчитывается по формуле (1.28).

Если уровень шума на рабочих местах будет превышать нормативные значения, необходимо предусмотреть мероприятия по защите от шума, внести изменения в технологический процесс или пересмотреть виды оборудования.

Для выполнения шумовой карты необходимо избрать расчетные точки, определить в них уровни звука, исходя из которых, выделить шумовые зоны в цехе.

При планировке литейных цехов необходимо предусматривать максимально возможное в пределах одного здания удаление участков с интенсивными источниками шума от расчетной точки. Чтобы уменьшить воздействие шума на работающего, в помещении применяют кабины наблюдения, дистанционного управления и специальные боксы, где размещают оборудование. Для отдыха обслуживающего персонала устраивают зоны, в которых потолки и стены покрывают звукопоглощающими материалами. Если установленное в цехе оборудование издает шум, превышающий допустимые нормы, его помещают в отдельных звукопоглощающих боксах или камерах, покрывают звукоизолирующими кожухами или устанавливают акустические экраны.

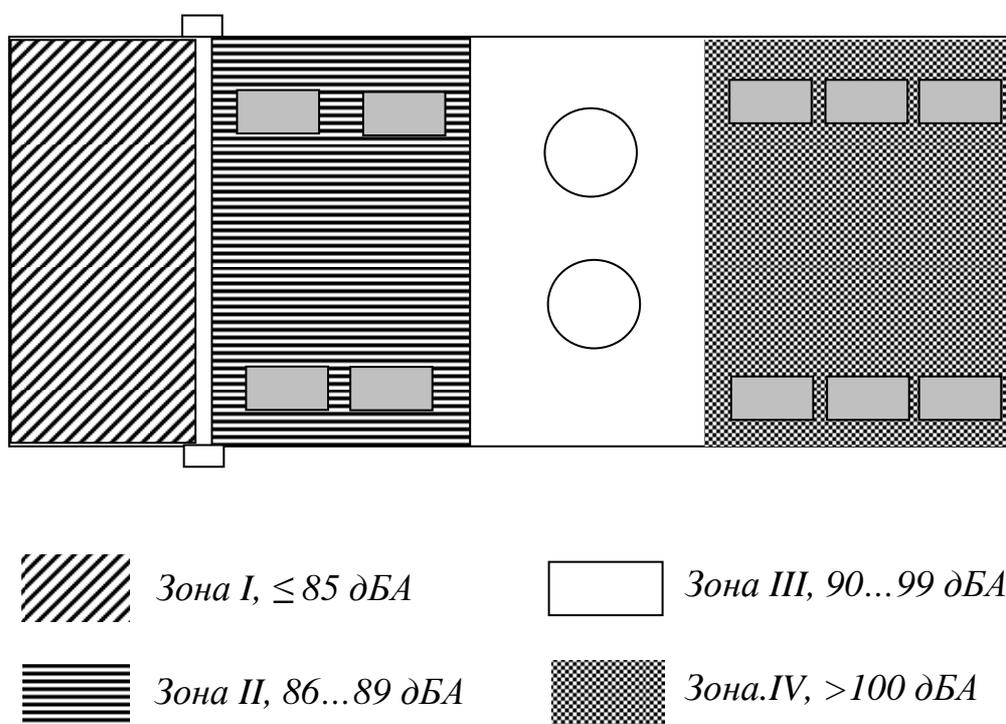


Рисунок 1.3 – Шумовая карта производственного помещения

Уменьшение шума в источниках его возникновения. Этот метод наряду с правильной планировкой литейного цеха является основным. Он заключается в качественном монтаже, правильной эксплуатации оборудования, своевременном проведении планово-предупредительных ремонтов.

Планирование мероприятий должно производиться на основании анализа технологического состояния оборудования и исследования спектров шума на рабочих местах и в целом на производственном участке. Следует отказаться

от применения оборудования и процессов, являющихся источниками повышенного шума, и заменить их новыми, более прогрессивными. Например, изготовление литейных жидких самотвердеющих смесей позволило отказаться от ручных пневматических трамбовок и другого шумного литейного оборудования. В зоне удаления земли после литья можно использовать электрогидравлический метод очистки, который по своим технологическим характеристикам обеспечивает не только высокую производительность и экономический эффект, но и значительно улучшает условия труда на обрубном участке. Использование газопламенного строгания и фрезерования вместо пневматической зачистки и обработки сварных швов отливок дает возможность снизить уровни шума на рабочих местах на 6...11 дБА.

Звукопоглощающие кожухи. Один из простых и дешевых способов снижения шума – устройство звукоизолирующих кожухов, полностью закрывающих шумные агрегаты. Благодаря этому способу шум в расчетных точках (рабочие места обслуживающего персонала) значительно снижается.

Кожухи могут быть съемными или разборными. При необходимости в них делают смотровые окна, открывающиеся дверцы-люки, проемы для подвода различных коммуникаций. Однако все перечисленные элементы должны быть выполнены таким образом, чтобы обеспечить такую же эффективность звукопоглощения, как и при сплошном кожухе.

Изготавливают кожухи из стальных листов толщиной 1,5...2 мм, алюминиевых листов толщиной 2...3 мм; из стеклопластика толщиной 3...5 мм, фанеры и других листовых материалов, способных обеспечить пожарную безопасность и технологическую возможность производства. Внутри кожух должен быть облицован звукопоглощающим материалом (минеральное или стеклянное волокно), минимальный слой которого после окончательного закрепления должен составлять 40...50 мм.

Акустические экраны. Они дают относительно низкое ослабление шума в определенных направлениях и действуют за счет эффекта отражения волн на преградах и рассеянии звука на звукопоглощающих поверхностях со специальным покрытием. Экспериментально установлено, что в особо благоприятных условиях экраны обеспечивают снижение уровня шума на 10...15 дБ.

Акустические экраны целесообразно устанавливать, когда в расчетной точке уровень звукового давления прямого звука от рассматриваемого источника существенно выше, чем от соседних.

Экранирующие устройства должны быть немассивными, непроницаемыми, достаточно прочными и устойчивыми против различных метеорологических воздействий. Их изготавливают из строительных материалов: тонкого листового металла, пиломатериалов, кирпича, асбоцемента. Экраны выполняют в виде: каркасов из металлических профилей, облицованных звукопоглощающими плитами; жалюзи, элементы которых покрыты специальным материалом; акустических занавесов, изготавливаемых из тяжелых звуконепроницаемых матов.

В промышленной звукоизоляции применяются также стрингерные (состоящие из листового металла, на поверхности которого закреплены ребра жесткости – стрингеры) и сотовые конструкции.

Звукоизоляция стрингерных панелей в интервале частот 63...8000 Гц может достигать 20...30 дБ.

Металлические сотовые конструкции – сотовый наполнитель, распределенный между листовым металлом, эффективно снижает звуковое давление. В зависимости от размера ячейки наполнителя звукоизоляция такой конструкции в интервале частот 63...8000 Гц может достигать 40 дБ.

Например, шумозаглушающими конструкциями должны быть оборудованы барабаны для очистки отливок от формовочной земли (расчет и проектирование данных конструкций приведены в [2]). Для предотвращения проникновения шума с участка обработки отливок пневмозубилами и наждачными кругами необходимо этот участок отделить от другой части литейного цеха экраном, имеющим звукопоглощающую облицовку [2]. Высота экрана должна быть не менее 3 м. Необходимо также предусмотреть средства индивидуальной защиты.

В некоторых случаях при очень высоких уровнях шума, рациональным является изоляция рабочего места, так на рабочем месте операторов пескомета и электропечи необходимо устанавливать пульта управления в звукоизолирующих кабинах [2].

Акустическая обработка помещений. Акустическая обработка заключается в установке звукопоглощающих облицовок и штучных звукопоглотителей для уменьшения интенсивности отраженных звуковых волн.

Выбор конструкции звукопоглощающей облицовки должен производиться не только для максимального снижения шума в какой-либо активной полосе, но и для обеспечения работоспособности облицовки в конкретных производственных условиях. Такие облицовки устанавливают на потолке и стенах. Площадь облицованных поверхностей должна составлять не менее половины общей площади ограничивающих помещение поверхностей [1].

1.3.3 Вибрация в литейных цехах

Источниками общей вибраций в литейных цехах являются ударные действия выбивных решеток, пневматические формовочные, центробежные и другие машины, приводящие к сотрясению пола и других конструктивных элементов здания, а источниками локальной вибрации – пневматические рубильные молотки, трамбовки и т.д. Параметры общей и локальной вибрации регламентируются ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ «Вибрационная безопасность. Общие требования» и ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації».

Вибрация возникает от силовых неуравновешенных воздействий. Различают **общую вибрацию**, которая передается через ступни ног, и **местную вибрацию**, которая передается при контакте рук с вибрирующим инструментом, а если человек сидит, то через корпус туловища.

Действие вибрации на организм человека. В результате действия вибрации на организм человека возникают профзаболевания: виброболезнь, неврит. Основными жалобами являются головная боль, бессонница, нарушение вестибулярного аппарата, повышенная утомляемость, нервно-сосудистые заболевания.

При локальной вибрации возникают изменения в костно-суставном аппарате, спазм сосудов конечностей.

Если на человека воздействуют совместные типы вибраций, то возникают гастриты, желудочно-кишечные заболевания, сердечно-сосудистые заболевания.

Общая вибрация наиболее неблагоприятна на резонансных с организмом частотах (6–9 Гц – собственная частота). Вибрация головы относительно плеч 17–25 Гц. При 6–9 Гц может произойти обрыв плевры. Колебания частотой 17–25 Гц дает бурильный молоток.

Нормирование вибрации. Нормирование вибрации осуществляется согласно ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ «Вибрационная безопасность. Общие требования». Гигиеническую оценку вибрации дают в соответствии с ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації».

Величинами, которые нормируются, является виброскорость v , м/с (при v_{480} человек может работать весь рабочий день) и уровень вибрации L_v , дБ. Уровень вибрации рассчитывается по формуле

$$L_v = 20 \lg v/v_0, \quad (1.32)$$

где v , v_0 – фактическая виброскорость и опорная виброскорость соответственно, м/с; $v_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ м/с.

Допустимые уровни вибрации приведены в таблице 1.13.

При действии вибрации не полную смену нормативные значения могут увеличиваться и рассчитываются по формуле

$$v_t = v_{480} \sqrt{\frac{480}{t}}, \quad (1.33)$$

где t – время воздействия вибрации за смену, мин.

Таблица 1.13 – Допустимые уровни вибрации

Вид вибрации	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Общая вибрация	$\frac{1,3}{108}$	$\frac{0,45}{99}$	$\frac{0,22}{93}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	–	–	–	–
Локальная вибрация	–	–	$\frac{2,8}{115}$	$\frac{1,4}{109}$						

Примечание. В числителе – v_{480} , м/с $\cdot 10^{-2}$, в знаменателе – уровень вибрации L_v , дБ.

Максимальное значение v_t не должно превышать значений, соответствующих для общей вибрации при времени воздействия t равном 10 мин. Для локальной вибрации – не более, чем при времени воздействия t равном 30 мин.

Мероприятия по снижению вибрации. Основными мерами снижения вибрации являются:

- снижение вибрации в ее источнике путем совершенствования конструкций машин и техпроцессов;

- балансировка оборудования;

- использование гидроприводов;

- отстройка от режима резонанса. Это достигается изменением характеристик систем, например, массы или жесткости, в этом случае предусматриваются ребра, утолщение конструкций; установкой нового режима работы, например, изменение частоты вращения и др.;

- виброгашение, что предполагает уменьшение уровня вибрации, путем введения в систему дополнительных реактивных сопротивлений или установкой оборудования на специальные изолирующие фундаменты с амплитудой A , равной 0,1–0,2 мм, применением виброгасителей.

- вибродемпфирование. Данная мера заключается в превращении энергии виброколебаний в другие виды энергии, например, в тепловую (при этом используют материалы с большим коэффициентом внутреннего трения) или в энергию токов Фуко или в энергию электромагнитного поля;

- виброизоляция, т. е. уменьшение уровня вибрации путем уменьшения передачи колебаний от источника вибрации за счет введения упругой связи, например, установка оборудования на амортизаторы.

- соблюдение оптимального режима работы (длительность работы в условиях вибрации должна быть не более 2/3 от продолжительности рабочей смены, продолжительность обеденного перерыва не менее 40 мин, дополнительные перерывы через 1–2 часа работы);

- прохождение обязательных регулярных медосмотров один раз в год, соблюдение различных гигиенических мероприятий;

- использование индивидуальных средств защиты, к которым относятся специальные рукавицы, накладки при работе с виброинструментом, специальная обувь для защиты от общей вибрации.

1.3.4 Ультразвук

Ультразвук – это колебания с частотой $f \geq 20$ кГц.

Ультразвук в литейных цехах применяется для обработки жидких расплавов, очистки отливок, а также в установках и системах очистки газов. Для этого

используют генераторы с диапазоном частот 18-22 кГц. Уровень ультразвука необходимо контролировать.

Действие ультразвука на организм человека. Действие ультразвука похоже на действие шума. Реакция организма наблюдается в день воздействия и на 3-5-й день облучения. Воздействие ультразвука проявляется в учащении пульса, урежении дыхания. Особенно опасным является контактное воздействие через жидкую или твердую фазы. Ультразвук может вызывать кавитацию крови (разрушение протоплазмы крови).

Нормирование ультразвука. Нормирование ультразвука начинается с 11,2 кГц. Это связано с тем, что при работе промышленных установок возникает унтертон на частоте 1/2 рабочей, он помещается в звуковой диапазон.

Низкочастотный ультразвук относится к диапазону 11,2 – 100 кГц, высокочастотный ультразвук – к диапазону > 100 кГц.

Нормирование ультразвука производится согласно ГОСТ 12.1.001-89 ССБТ «Ультразвук. Общие требования безопасности». Допустимые уровни ультразвукового давления должны учитываться при проектировании ультразвукового оборудования (табл. 1.14).

Таблица 1.14 – нормирование уровней ультразвука относительно среднегеометрических частот

Среднегеометрическая частота, f кГц	12,5	16	20	25	31,5-100
Нормируемый уровень звука, дБ	80	90	100	105	110

Мероприятия по защите от ультразвука. Для эффективной борьбы с ультразвуком оборудования необходимо знать акустическую мощность излучения, т.е. генерируемую мощность.

Основными методами защиты от ультразвука являются:

- повышение рабочей частоты;
- снижение ультразвука в источнике;
- устройство звукоизолирующих кожухов или экранов;
- исключение контакта рук рабочих с обрабатываемыми деталями, жидкостью, источниками ультразвука (автоматизация, блокировки, механизация);
- расположение технологических ультразвуковых устройств в звукоизолирующих кабинах.

1.3.5 Электромагнитные поля и излучения

Электромагнитные поля в литейных цехах генерируются электротермическими установками для плавки и нагрева металла, сушки форм и стержней

и др. Требования к размещению высокочастотных установок указаны в «Правилах безопасности при эксплуатации электротермических установок повышенной и высокой частоты».

Таблица 1.15 – Классификация диапазонов ЭМП

Диапазон волновой	Длина волны, λ , м	Частотный диапазон, f, Гц	
Длинные	10000...1000	$3 \cdot 10^4 \dots 3 \cdot 10^5$	ВЧ
Средние	1000...100	$3 \cdot 10^5 \dots 3 \cdot 10^6$	
Короткие	100...10	$3 \cdot 10^6 \dots 3 \cdot 10^7$	УВЧ
Ультракороткие (УКВ)	10...1	$3 \cdot 10^7 \dots 3 \cdot 10^8$	
дм	1...0,1	$3 \cdot 10^8 \dots 3 \cdot 10^9$	СВЧ
см	0,1...0,01	$3 \cdot 10^9 \dots 3 \cdot 10^{10}$	
мм	0,01...0,001	$3 \cdot 10^{10} \dots 3 \cdot 10^{11}$	

Действие электромагнитных излучений на организм человека. Наиболее чувствителен организм человека к воздействию СВЧ. Последствия чаще всего обратимы, если длительность работы не более 5 лет.

Различают следующие виды воздействия СВЧ:

- тепловое (поглощение энергии и разогрев тканей, используется в медицине);
- морфологическое (существенные изменения в печени, почках);
- функциональное (боли в области сердца, изменение артериального давления и пульса, снижение частоты сердечных сокращений; на диапазоне СВЧ возможна катаракта и трофические явления: выпадение волос, ломкость ногтей, сухость кожи).

Влияние на организм человека УВЧ. При воздействии излучения в диапазоне УВЧ поглощение энергии происходит локально, затем в больное место поступает кровь и вымывает продукты распада.

Количественные характеристики. На диапазонах ВЧ и УВЧ основными характеристиками являются напряженность электрического поля, E , В/м и напряженность магнитного поля, H , А/м.

Опасной величиной является напряженность магнитного поля, H , которая составляет 150 – 200 А/м (приводит к тепловому разогреву).

Для СВЧ нормируется плотность потока мощности энергии (ППЭ), Вт/м² (табл. 1.16). Опасной величиной является плотность потока мощностью энергии более 100 Вт/м².

Таблица 1.16 – Нормирование в диапазоне СВЧ

ППЭ, Вт/м ²	Время пребывания, мин	Примечание
До 0,1	Весь рабочий день	–
До 1	2 часа	Ост. время 0,1 Вт/м ²
До 10*	10 мин	– «–

Примечание. *Обязательное пользование защитными очками.

Нормы регламентируются ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ «Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля». Предельно допустимые значения E и H в диапазоне частот 60 кГц – 300 МГц на рабочих местах персонала определяют исходя из допустимой энергетической нагрузки и времени воздействия по формулам

$$E_{п.д} = \sqrt{\frac{\text{ЭН}_{E_{п.д}}}{t}}, \quad (1.34)$$

$$H_{п.д} = \sqrt{\frac{\text{ЭН}_{H_{п.д}}}{t}}, \quad (1.35)$$

где $E_{п.д}$ – предельно допустимая напряженность электрического поля, В/м;

$H_{п.д}$ – предельно допустимая напряженность магнитного поля, А/м;

$\text{ЭН}_{E_{п.д}}$ – предельно допустимое значение энергетической нагрузки в течение рабочего дня, $(\text{В/м})^2 \cdot \text{ч}$;

$\text{ЭН}_{H_{п.д}}$ – предельно допустимое значение энергетической нагрузки в течение рабочего дня, $(\text{А/м})^2 \cdot \text{ч}$;

t – время воздействия, ч.

Максимальные значения $E_{п.д}$, $H_{п.д}$, $\text{ЭН}_{E_{п.д}}$, $\text{ЭН}_{H_{п.д}}$ приведены в таблице 1.17.

Таблица 1.17 – Значения энергетической нагрузки

Параметр	Частота, МГц		
	0,06...3	3...30	30...300
$E_{п.д}$, В/м	500	300	80
$H_{п.д}$, А/м	50	–	–
$\text{ЭН}_{E_{п.д}}$, $(\text{В/м})^2 \cdot \text{ч}$	20000	7000	800
$\text{ЭН}_{H_{п.д}}$, $(\text{А/м})^2 \cdot \text{ч}$	200	–	–

Одновременное воздействие электрического и магнитного полей в диапазоне частот от 0,06 до 3 МГц следует считать допустимым при условии

$$\frac{\text{ЭН}_E}{\text{ЭН}_{E_{п.д}}} + \frac{\text{ЭН}_H}{\text{ЭН}_{H_{п.д}}} \leq 1, \quad (1.36)$$

где ЭН_E и ЭН_H – энергетические нагрузки, характеризующие воздействия электрического и магнитного полей.

Методы защиты от электромагнитных полей и излучений:

– уменьшение мощности излучения в самом источнике;

– защита временем. Допустимое время воздействия излучения определяется из формул

$$t_{\text{доп}} = \frac{\text{ЭН}_{\text{Епд}}}{E_{\text{ф}}^2}, \quad (1.37)$$

$$t_{\text{доп}} = \frac{\text{ЭН}_{\text{Нпд}}}{H_{\text{ф}}^2}, \quad (1.38)$$

где $t_{\text{доп}}$ – допустимое время воздействия излучения, ч;

$E_{\text{ф}}$ – напряженность электрического поля фактическая, В/м;

$H_{\text{ф}}$ – напряженность магнитного поля фактическая, А/м;

$\text{ЭН}_{\text{Епд}}$ – предельно допустимое значение энергетической нагрузки в течение рабочего дня, $(\text{В/м})^2 \cdot \text{ч}$;

$\text{ЭН}_{\text{Нпд}}$ – предельно допустимое значение энергетической нагрузки в течение рабочего дня, $(\text{А/м})^2 \cdot \text{ч}$;

– защита расстоянием;

– использование поглотителей мощности, волноводных ослабителей, делителей мощности;

– экранирование источников излучения или рабочих мест. В качестве экранов применяется латунь, медь, алюминий, медная сетка (4x4 мм), обязательно должна быть предусмотрена вентиляция.

– применение средств индивидуальной защиты (очки со специальной пленкой, халаты, комбинезоны из ткани радиотехнической РТ).

Защищают органы наиболее подверженные повреждениям, а именно спинной мозг, мочеполовая система.

Отрицательное действие оказывают электрические поля, образующиеся в районе линий высокого напряжения.

Опасная зона воздействия располагается на расстоянии:

$R = 20$ м (для линий напряжением $U = 400 - 500$ кВ).

$R = 30$ м (для линий напряжением $U = 750$ кВ).

Допустимой величиной напряженности является значение 5 кВ/м при воздействии весь рабочий день. При более высоких значениях напряженности время воздействия уменьшается до величин: при E до 10 кВ/м до 180 мин; при E в интервале 10-15 кВ/м до 90 мин; при $E > 15$ кВ/м до 5 мин.

Нормативные значения уровня электрических полей на рабочем месте регламентирует ГОСТ 12.1.002-84 ССБТ «Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах».

Допустимые уровни напряженности электростатических полей устанавливаются в зависимости от времени пребывания персонала на рабочих местах

в соответствии с ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ «Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочем месте и требования к проведению контроля». Данный стандарт распространяется на электростатические поля, создаваемые при эксплуатации электроустановок высокого напряжения постоянного тока и электризации диэлектрических материалов. Предельно допустимый уровень напряженности электростатических полей устанавливается равным 60 кВ/м в течение одного часа. При напряженности электростатических полей менее 20 кВ/м время пребывания в электростатических полях не регламентируется.

Электромагнитные поля, возникающие при индукционной плавке Индукционные печи создают электромагнитные поля, отрицательно влияющие на человека, что является следствием возникновения проблем на основе биоэлектромагнитной совместимости. Электромагнитные поля снижают работоспособность, повышают утомляемость, вызывают головные боли, бессонницу, изменение кровяного давления и пульса.

Исследование взаимосвязи электромагнитных полей с онкологическими заболеваниями показало, что электромагнитные поля представляют значительную угрозу здоровью в отношении раковых заболеваний, особенно опухолей нервных сетей, головного мозга и лейкемии. Большой вред наносят поля высокой частоты. При этом, если электрические поля воздействуют только на поверхность тела, то магнитные поля – на сердце, ток крови, и они беспрепятственно проникают внутрь тела человека [1].

Поэтому при применении индукционных плавильных печей необходимо принимать меры по защите работающих от воздействия электромагнитных полей.

Одной из таких мер является правильный выбор типа печей. Наименее опасны в этом отношении канальные печи, у которых напряженность магнитного поля на рабочей площадке равна нулю, так как у канальных печей магнитные поля поглощаются сердечником.

Во многих случаях есть выбор между индукционными плавильными печами средней и промышленной частоты. Печи промышленной частоты имеют более высокий уровень напряженности магнитного поля, чем печи средней частоты.

Сравнение напряженности магнитного поля, замеренной на расстоянии 1 м и высоте 1,5 м от работающих, индукционных печей промышленной и средней частоты примерно при равных условиях, показало, что эта величина для печей промышленной частоты (50 Гц) составила в среднем 32,25 А/м, а для печей средней частоты (250 Гц) – 16,6 А/м.

Величины напряженности магнитного поля печей средней частоты приведены в таблице 1.18 [1].

Существенным фактором, влияющим на напряженность магнитных полей индукционных плавильных печей, являются экранирующие магнитопроводы, наличие которых в конструкции печи является необходимым.

Магнитопроводы позволяют уменьшить влияние магнитного поля на обслуживающий персонал, работающий вблизи индукционных установок для нагрева заготовок, на 20...70%.

Большое значение для величины напряженности магнитного поля имеет расстояние точки замера от печи. С увеличением расстояния от центра печи вверх по вертикали и от печи по горизонтали напряженность магнитного поля уменьшается. Этот фактор необходимо учитывать при разработке инструкций по технике безопасности для производственного персонала. В инструкции по технике безопасности должно быть точно указано, на каком расстоянии от печи должен находиться сталевар в те периоды, когда он выполняет технологические операции непосредственно с металлом и шлаком, а также обязательно должно быть указано, что при выполнении операций с металлом и шлаком печь должна быть отключена.

Таблица 1.18 – Напряженность магнитного поля у печей средней частоты

Фирма-изготовитель печи	Вместимость печи, кг	Рабочая частота печи, Гц	Мощность, кВт	Напряженность магнитного поля, Е, на расстоянии 1 м от печи, А/м
«Эгес», Турция	1000	1000	600	17,1
«РЭЛТЭК», Россия	400	2400	320	40
ABB, Германия	4500	500	–	56
	500	1000	300	80
	12000	240	9300	80
	2000	370	200	50

Требования по напряженности магнитного поля для диапазона частот 60 кГц...300 МГц устанавливает ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ «Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля».

При воздействии электромагнитного поля в течение 8 ч уровень напряженности магнитного поля не должен превышать 5 А/м [1].

Замеры напряженности магнитного поля на рабочих местах высокочастотных установок, работающих в диапазоне частот 66...440 кГц, показали, что эта величина составляет 1..3 А/м.

На предприятиях, где работают индукционные печи, необходимо периодически проводить контроль напряженности магнитного поля в рабочей зоне.

1.3.6 Ионизирующие излучения

Источники ионизирующих излучений в литейном производстве применяют для плавки, выявления дефектов в отливках, контроля и автоматизации технологических процессов и др. Основными документами, регламентирующими

радиационную безопасность, являются закон Украины «О защите человека от воздействия ионизирующего излучения» (№ 15/98-ВР, ред. от 29.09.13), «Нормы радиационной безопасности Украины» (НРБУ-97 № 208 от 14.07.97), «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности Украины» (№ 54 от 02.02.05), «Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений» (ОСП-72/87).

Для работы со стационарными установками с закрытыми гамма-нейтронными источниками предусматривают изолированные помещения, преимущественно в отдельном доме или в отдельной одноэтажной части здания.

Хранилища для радиоактивных веществ оборудуют соответствующей защитой от излучений и вытяжной вентиляцией.

Для защиты от ионизирующих излучений на рабочих местах используют экранирование, которое снижает облучение до допустимой величины [2].

1.3.7 Электрический ток

Основными источниками опасности поражения электрическим током в литейных цехах являются электропечи, машины и механизмы с электроприводом. Применяемое электрооборудование в основном работает под напряжением до 1000 В, при использовании электротермических установок – выше 1000 В. Основные требования электробезопасности представлены в ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты», ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ «Электробезопасность. Защитное заземление, зануление», ГОСТ 12.2.007.0-89 ССБТ «Изделия электротехнические. Общие требования безопасности», НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок».

Рассматривая вопросы электробезопасности необходимо привести схему электрозащиты, которая способна обеспечить безопасность эксплуатации электрооборудования, а также проанализировать условия применения и принцип действия системы сигнализации на случай опасности.

Особое внимание необходимо уделять помещениям и внешним зданиям, в которых производятся, перерабатываются или сохраняются взрыво-, пожароопасные материалы. Данные материалы должны быть классифицированы в соответствии с их взрывоопасностью и пожароопасностью согласно требованиям «Правил устройства электроустановок».

В электрических схемах управления необходимо предусмотреть защиту от перегрузки и коротких замыканий. При работах, связанных с опасностью поражения электрическим током, необходимо использовать защитные средства.

Электроинструмент, переносные электролампы, понижающие трансформаторы и преобразователи частоты тока при выдаче на руки должны проверяться на отсутствие замыкания на корпус, на исправность заземляющего провода и изоляции питательных проводов [2].

1.3.8 Транспортные средства

Литейные цеха оснащены транспортными и грузоподъемными механизмами; машинами для приготовления формовочных и стержневых смесей и составов, форм и стержней; устройствами для выбивки отливок; разнообразными механизмами для финишных операций и др. Выполнение любой из операций на указанном оборудовании связано с опасностью травмирования обслуживающего персонала вследствие наличия опасных зон в машинах и механизмах.

Требования безопасности при подъемно-разгрузочных работах. Основные требования безопасности при проведении погрузочно-разгрузочных работ регламентирует ГОСТ 12.3.009-76 ССБТ «Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности». В дипломном проекте необходимо обосновать выбор подъемно-транспортных средств с точки зрения безопасности труда и разработать основные мероприятия по предупреждению травматизма при передвижении грузов, также необходимо обосновать выбор места осуществления этих работ. Наиболее перспективным методом предупреждения травматизма при выполнении данных работ является их механизация и автоматизация.

Необходимо кратко привести основные требования к выполнению работ грузоподъемными машинами касательно основных технологических процессов, а также привести мероприятия по уменьшению пылевыделения при транспортировке грузов, характеризующихся способностью образовывать большое количество пыли [2].

Особое внимание необходимо уделять безопасности при передвижении жидкого металла и шлаков. Перспективным методом является замена внутрицехового транспорта непрерывными видами транспорта. Для подачи шихтовых материалов желательно применять транспортеры. Перевозку жидкого металла в ковшах можно заменить транспортировкой металла по трубам с использованием электромагнитных насосов [2].

При перевозке жидкого металла, шлаки, расплава и т.п. особое внимание необходимо уделять предотвращению разбрызгивания, а также выполнению требований, предъявляемых к отдельным элементам разливных кранов. Центр тяжести заправляемого сталью ковша должен быть хотя бы на 220 мм ниже оси его вращения для предотвращения переворачивания.

Для места разлива жидкого металла должно быть предусмотрено ограждение перилами, также должно быть предусмотрено дистанционное управление разливом металла.

В литейных цехах очень распространенным является использование конвейерного транспорта для передвижения любых грузов. В пояснительной записке студенту необходимо привести основные мероприятия по предупреждению травматизма при эксплуатации конвейерного транспорта.

1.3.9 Взрыво-, пожароопасность в металлургических цехах

Определение пожарной опасности производства включает следующие этапы:

- определение пожарной опасности материалов;
- исследование опасности возникновения пожара;
- исследование опасности распространения пожара.

Определение пожарной опасности материалов. В процессе производства используются разнообразные технологические материалы. Для каждого из них необходимо установить основные показатели пожарной опасности (горючесть, способность вспыхивать, взрывоопасность, температуру вспышки, нижнюю концентрационную границу), а также физико-химические свойства, которые влияют на условия возникновения и развитие пожара в конкретных условиях производства (при рабочих давлениях, температуре и т.п.). Рядом с определением пожежо- и взрывоопасных свойств материалов необходимо знать их количество на разных участках производства и пожарную опасность проектированного оборудования.

Исследование опасности возникновения пожара. Исследование опасности возникновения пожара предусматривает установление возможности одновременного появления и взаимодействия в соответствующем соотношении трех компонентов, которые необходимы для возникновения пожара: горючего материала, окислителя и источника зажигания. В большинстве случаев окислителем является кислород воздуха из окружающей среды. Источники зажигания на производстве могут быть технологическими, естественными или из-за неосмотрительности рабочих при действиях с огнем. Поэтому при анализе опасности возникновения пожара необходимо установить возможность следующих ситуаций:

- образование горючего среды внутри оборудования при его нормальной работе, а также в периоды пуска и остановки;
- образование горючей среды в помещениях и на открытых площадках при выходе горючих материалов из нормально действующего оборудования;
- повреждение оборудования с выходом из него горючих материалов и образованием горючей среды в помещении и на открытых площадках;
- возникновение контакта с горючей средой производственных и естественных источников зажигания, а также источников от неосмотрительного пользования огнем.

Особое внимание необходимо уделять оценке опасности возникновения пожара в особых условиях производства (ремонтные работы, пуск или авария). Одной из основных причин возникновения пожаров на производстве является неисправность и неверная эксплуатация электротехнических устройств. В большинстве случаев пожары имеют место в результате коротких замыканий в электрических сетях; перегрева и возгорания веществ и материалов, которые находятся в непосредственной близости к электрооборудованию; токовых

перегрузок проводов в электрических машинах; больших перепадов сопротивления; электрических искр и др. В металлургическом производстве много технологических процессов, которые характеризуются опасностью возникновения пожара. Анализ пожарной опасности необходимо проводить, исходя из конкретных условий и используемого оборудования.

Исследование опасности распространения пожара. Такие исследования являются необходимыми при проектировании цеха. При этом необходимо установить возможные размеры разных зон пожара (горения, излучения, задымления, взрыва), в которых возможны тяжелые последствия (человеческие жертвы и материальные потери). Исходными точками при расчете зон пожара, прежде всего, являются места с наибольшей вероятностью возникновения пожара от технологических причин; если явных технологических причин нет, то необходимо учесть наиболее вероятные места возникновения пожара от естественного источника зажигания или от неосмотрительного использования пламени. При большой площади производственного цеха (участка) необходимо рассмотреть возможность возникновения пожара с нескольких исходных точек.

Определение категории производства по взрывной и пожарной опасности осуществляется в зависимости от взрывной и пожарной опасности веществ и материалов, которые хранятся на складах, транспортируются и используются в цехах, на рабочих местах и в агрегатах. Все производства делятся на пять категорий: А, Б, В, Г, Д.

Категория А – производства, в которых находятся в обращении горючие газы с НПВ до 10 % к объему воздуха, жидкости с температурой вспышки паров до 28°C при условии, что указанные газы и жидкости могут образовать взрывоопасные смеси в объеме, превышающем 5 % объема помещения; вещества, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и друг с другом.

Категория Б – производства, в которых находятся в обращении горючие газы с НПВ более 10% к объему воздуха; жидкости с температурой вспышки паров от 28 до 61°C (включительно); жидкости, нагретые в условиях производства до температуры вспышки и выше, горючие пыли или волокна с НКПВ до 65 г/м³, при условии, что указанные газы, жидкости и пыли могут образовать взрывоопасные смеси в объеме, превышающем 5% объема помещения.

Категория В – производства, в которых находятся в обращении жидкости с температурой вспышки паров выше 61°C; горючие пыли или волокна с НКПВ более 65 г/м³; вещества, способные гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и друг с другом; твердые сгораемые вещества и материалы.

Категория Г – производства с применением несгораемых веществ и материалов в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени; твердых, жидких и газообразных веществ, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива.

Категория Д – производства с применением несгораемых веществ и материалов в холодном состоянии.

В зависимости от категории производства предъявляются соответствующие требования к огнестойкости зданий и сооружений, размещению их на территории предприятия, наличию средств пожаротушения и т. п., к устройству электрооборудования.

На металлургических предприятиях к **категории А** относят производства, которые связаны с хранением и применением горючих газов. Такими производствами являются, например, отделения диссоциации аммиака; станции получения защитного газа и ацетилена; компрессорные горючих газов; машинные залы коксового и смешанного газов; газорегуляторные и газораспределительные пункты; цеха наполнения ацетилена, водорода, естественного и генераторного газов; очистки и сушки водорода. К категории А также относятся производства, которые связаны с использованием бензина, бензола и других огнеопасных жидкостей с температурой вспышки паров до 28°C включительно, насосные для перекачки таких жидкостей, а также жидкой серы (без отдувки сероводорода), все производства связанные с использованием трихлорсилана и триэтилэтоксилана, тетракарбонила никеля и др. Относятся к категории А также производства, связанные с использованием твердых веществ, например, производство и хранение карбида кальция, производство порошков: никелевых, кобальтовых, редкоземельных металлов и т.п.

На металлургических предприятиях к **категории Б** относят много производств, которые связаны с использованием горючих газов: участки (цеха) наполнения аммиака; аммиачные компрессорные; помещения для хранения баллонов с аммиаком; склады концентрированной аммиачной воды; склады баллонов с горючими газами; газоочистные установки технологических газов в доменных, конверторных, электросталеплавильных, ферросплавных цехах; установки нагнетания газов на конверторах без дожигания оксида углерода или с частичным дожиганием; компрессорные и смесительные станции доменного газа и т.г. К категории Б также относятся производства, связанные с использованием жидкостей с температурой вспышки 28...61°C включительно: реagentные цехп (отделения) с использованием таких жидкостей; участки допрессовки огнеупорных изделий с использованием керосино-стеариновых смесей (краскозаготовительные, малярные, красильные отделения и участки с использованием растворителей, которые имеют указанную выше температуру вспышки, склады закрепителей на основе уайт-спирита и т. г.). К этой же взрывопожароопасной категории относятся производства, связанные с использованием или образованием горючей пыли: отделения дробления угля, подземные углеприемные ямы, закрытые галереи для транспортировки угля, дозировочные и углеразгрузочные установки, установки подачи пылеугольного топлива к печам, отделения приготовления шихты для производства спеченных изделий (порошковая металлургия), склады хранения сернистого цинка и стеарата цинка, отделение спекания и смешивания азотированного марганца с порошком алюминия и брикетирования

сухих порошков марганца и алюминия, отделения приготовления экзотермических смесей, склады сажи, отделения бакелитовых покрытий, нанесения на изделия эпоксидных смол методом распыления и т.п. Значения нижнего концентрационного предела воспламенения и температуры воспламенения в воздухе некоторых металлических порошков приведены в таблице С.1 приложения С [6].

К **категории В** относят те производства, где используются горючие жидкости с температурой вспышки паров выше 61°С (мазут, минеральные и растительные масла, жиры, смолы и др.). К этой категории относят станции централизованного смазывания, склады масел, помещения масляных трансформаторов, насосные станции, маслотуннели гидравлических систем, маслоохладительные установки, краскозаготовительные, малярные, окрасочные отделения и участки с применением растворителей, имеющих указанную выше температуру вспышки. К категории В также относятся производства, связанные с обращением горючей пыли и волокон, а также твердых сгораемых веществ: бункерные эстакады с подбункерными помещениями доменных печей; отделения изготовления шихты в порошковой металлургии, сушки, отсева, усреднения, хранения порошков, травления чушек магния, разлива магния и его сплавов, электрокабельные и электромашинные помещения, деревообрабатывающие и модельные цеха, аппараты связи, телемеханика, вычислительные центры и помещения ЭВМ.

К **категории Г** относятся доменные и металлургические печи, цеха горячей прокатки,ковки и штамповки металла, плавильные отделения порошковой металлургии, отделения электропечей, горизонтальных и вертикальных конверторов.

К **категории Д** относят цеха холодной обработки металлов (кроме магния и титана), копровые цеха, отделения гидравлической очистки отливок и т.п.

Согласно «Правилам устройства электроустановок» пространство всего помещения или части помещения, в котором могут образовываться взрывоопасные смеси или находятся в обращении горючие материалы, называется соответственно взрывоопасной или пожароопасной зоной. В помещении с производствами категорий А, Б электрооборудование должно удовлетворять требованиям, которые предъявляются к электроустановкам во взрывоопасных зонах. Взрывоопасные зоны разделяют на шесть классов: В-I, В-I а, В-I б, В-I г, В-II, В-II а, а пожароопасные – на четыре класса; П-I, П-II, П-II а, П-III.

Правильное распределение зон на классы является очень важным, так как от этого зависит выбор общепромышленного или взрывозащищенного электрооборудования. Для определения взрывоопасных и пожароопасных зон и выбора вида электрооборудования необходимо использовать данные, которые приведены в СНиП 2.01.02-85.

Огнестойкость зданий, сооружений и конструкций. Степень огнестойкости зданий и сооружений определяется пределами огнестойкости основных строительных конструкций и пределами распространения огня за эти конструкции.

I степень огнестойкости – все основные конструкции изготовленные из негорючих материалов с пределом огнестойкости несущих стен, стен лестничных клеток, колон, противопожарных стен не менее 2,5 часов. Т.е. в зданиях I степени огнестойкости не может быть несущих конструкций (ферм, колон, стен, перегородок и др.), выполненных из открытого незащищенного металла.

II степень огнестойкости – все основные несущие конструкции (кроме внутренних перегородок) также выполняются негорючими, однако в таких зданиях допускается использование стальных не защищенных от огня несущих ферм, а также внутренних перегородок, выполненных из трудногорючих материалов.

III степень огнестойкости – несущие стены, стены лестничных клеток, колонны – негорючие, другие конструкции могут быть трудногорючими, а несущие конструкции укрытия – горючими.

IV степень огнестойкости – все конструкции могут быть трудногорючими, а конструкции крыши – горючими.

Чаще всего проектируемые и сооружаемые здания современных машиностроительных цехов относятся к II степени огнестойкости.

В предотвращении распространения огня по производственному помещению важную роль играют противопожарные преграды. К ним относятся противопожарные стены с пределом огнестойкости не менее 2,5 часов, противопожарные перекрытия и перегородки с пределом огнестойкости 0,75...1 час, противопожарные двери, окна, люки, ворота и тамбур-шлюзы с пределом огнестойкости 0,6...1,2 часа. Противопожарными стенами в производственных зданиях отделяют вентиляционные камеры, аккумуляторные, складские и другие пожароопасные помещения.

V степень огнестойкости – все конструкции могут быть горючими.

Противопожарные мероприятия в технологии производств. Пожарная безопасность технологических процессов производств обеспечивается конструктивными решениями используемых машин и агрегатов, отбором пожаробезопасных схем процессов, использованием контрольно-измерительных приборов и автоматов, обеспечивающих безопасный режим работы оборудования, использованием устройств, которые устраняют механические искрения и снимают напряжение статического электричества, своевременными ревизиями и предупредительными ремонтами оборудования.

Предупреждение пожара достигается принятием мер, направленных на предотвращение образования в горючей среде (или внесения в нее) источников зажигания; поддержание температуры горючей среды ниже максимально допустимой; поддержание давления в горючей среде ниже максимально допустимого и др.

Пожарная защита обеспечивается в результате использования негорючих и трудногорючих веществ и материалов вместо пожароопасных; ограничения количества горючих веществ в производственных помещениях; изоляции горючей среды; предотвращения распространения пожара за пределы очага возгорания; использования средств пожаротушения; применения конструкций с регламентированными пределами огнестойкости и горючести; использования

систем противодымной защиты, средств пожарной сигнализации и средств сообщения о пожаре; организации пожарной охраны объекта.

Ограничение количества горючих веществ и выполнение требований к их размещению достигается регламентацией состава и количества (массы, объема) горючих веществ и материалов, которые находятся одновременно в производственном помещении; аварийного слива пожароопасных жидкостей и аварийного стравливания горючих газов из аппаратуры; противопожарных разрывов и защитных зон; периодичности очистки помещений, коммуникаций аппаратуры от горючих отходов, отложений взрывоопасной, горючей пыли и т.п.; количества рабочих мест, на которых используются пожароопасные вещества; выноса пожароопасного оборудования на открытые площадки.

Изоляция горючей среды обеспечивается одним или несколькими из перечисленных методов: максимальной механизацией и автоматизацией технологических процессов, которые связаны с использованием пожароопасных веществ; установкой пожароопасного оборудования в изолированных помещениях или на открытых площадках; использованием для пожароопасных веществ герметизированного оборудования; использованием изолированных отсеков, камер, кабин и т.п. Предотвращение распространения пожара обеспечивается в результате устройства противопожарных преград (стен, зон, поясов, защитных полос, завес и т.п.); определение предельно допустимой площади противопожарных отсеков и секций; устройство аварийного выключения и переключения аппаратов и коммуникаций; использование средств, предупреждающих или ограничивающих разлив и растекания жидкости при пожаре; использование противопожарных преград (перегородок, затворов, заслонок и др.) и прорывных предохранительных мембран на аппаратуре и коммуникациях.

Средства пожаротушения. В дипломном проекте необходимо определить состав и количество средств пожаротушения, которые необходимо предусмотреть для локализации и прекращения пожара. Предлагаемые средства пожаротушения должны максимально ограничивать размеры пожара и обеспечить его гашение. При этом необходимо определить; виды средств пожаротушения, допустимые и недопустимые для использования при пожаре; вид, количество, размещение и хранение первичных средств пожаротушения; порядок хранения веществ, тушение которых недопустимо теми же средствами; источники и средства подачи воды для пожаротушения.

Все производственные здания, а также отдельные помещения и технологические установки должны быть обеспечены огнетушителями, пожарным инвентарем и инструментом. На предприятиях рекомендуется использовать пенные, жидкостные, углекислотные, углекислотно-бромэтиловые, аэрозольные и порошковые огнетушители.

Необходимое количество средств пожаротушения для помещений, сооружений, участков производственных предприятий определяется согласно типу помещения [5]. Кроме того, на территориях производственных предприятий должно быть установлено специальные пожарные щиты с набором огнетушителей

(пенных – 2, углекислотных – 1), ящиков с песком – 1, листов войлока, асбеста или кошмы – 1, набор пожарного инструмента. Обеспечение пожарными щитами определяется из расчета один щит на площадь до 5000 м². Противопожарные средства, огнетушители должны размещаться на хорошо просматриваемых и легкодоступных местах. Помещения, оборудованные автоматическими установками пожаротушения, обеспечиваются первичными средствами пожаротушения из расчета половины необходимого количества.

Эвакуация людей из производственного помещения. Эвакуационные пути должны обеспечивать эвакуацию через эвакуационные выходы всех людей, которые находились в помещениях зданий и сооружений, в срок предусмотренного времени эвакуации. Количество эвакуационных выходов из здания, помещения и из каждого поверху здания нужно принимать за расчетом, но не меньше двух. Эвакуационные выходы должны располагаться рассредоточено. Двери на путях эвакуации должны приоткрываться за направлением выхода из здания.

Некоторые рекомендации относительно средств пожаротушения приведенные в таблице 1.19 [6].

Таблица 1.19 – Средства пожаротушения по отделениям литейных цехов

Отделение, участок	Материалы, представляющие пожарную опасность, в зоне горения	Средства пожаротушения
Модельное, шихтовое	Дерево, уголь, кокс, каучук, целлулоид и прочее	Вода в виде компактной струи, пена, водной пар
Формовочное, стержневое	Горючие жидкости с температурой вспышки больше 45° (масла, нефть, олифы и прочее)	Распыленная вода
	Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости (ацетон, бензин, бензол, керосин, лаки), материалы (битумы)	Химическая пена Воздушно-механическая пена
	Легковоспламеняющиеся жидкости и трудногораемые материалы	Четыреххлористый углерод
Стержневое	Небольшие очаги пожаров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей	Войлочные кошмы и покрывала
Сушки форм и стержней	Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости (ацетон, бензин, бензол, керосин, лаки), трудногораемые материалы (битумы), угольная пыль	Углекислый газ
Плавильное	Трудногораемые материалы, в том числе металлы	Порошковые сухие огнетушители, сухой песок, флюсы
Точного литья	Очаги пожара в закрытых помещениях	Водяной пар
Все отделения	Электрооборудование	Четыреххлористый углерод

В дипломном проекте необходимо разработать конкретные мероприятия по пожарной безопасности, а именно:

- определить категорию данного производства по взрывной и пожарной опасности;
- обосновать выбор здания по огнестойкости и необходимость противопожарных преград внутри помещения;
- привести характеристику горючих веществ, проанализировать возможные причины пожаров и обосновать мероприятия по их предупреждению;
- обосновать выбор противопожарного оборудования, средств и условий сигнализации и привести их краткую характеристику;
- предложить пути эвакуации людей из производственного помещения.

Пример анализа опасных и вредных производственных факторов при эксплуатации электродуговой печи

При эксплуатации электродуговой печи вместительностью 5 т к постоянно действующим опасным факторам можно отнести следующие: электрический ток высокого напряжения; выплески жидкого металла или шлака; вращение печи, которое может привести к получению травмы в период загрузки шихты, замены электродов, перемешивания жидкого металла в печи, а также при передвижении сталевара вдоль печи. Опасными факторами периодического действия являются: взрывы при падении колец свода, охлаждаемых водой, в ванну печи; прорыв жидкого металла при перегреве кладки, переворачивание печи при попадании жидкого металла на гидравлические устройства.

К вредным производственным факторам при эксплуатации электродуговой печи относят: повышенную запыленность и загазованность воздуха; повышенный уровень шума; повышенную температуру воздуха рабочей зоны, излучение электрической дуги, физическая и нервно-психическая перегрузки.

Например, газ, который выделяется из электродуговой печи, содержит следующие химические вещества: до 68 % CO, до 30 % CO₂, до 21 % O₂, до 30 % N₂ [7]. Кроме того, в газе присутствует до 10 мг/м³ оксидов серы. Также выделяющиеся из печи газы содержат пыль в количестве 50...60 г/м³, которая состоит из оксидов железа, кремния, алюминия, марганца, кальция и др.

По уровню звуковой мощности, который достигает 110 дБА, электродуговая печь вместительностью 5 т значительно превышает предельно допустимый уровень (80 дБА) [8]. В период расплавления металла уровень шума увеличивается до 118 дБА.

Рабочая зона обслуживания печи характеризуется повышенной температурой воздуха (до 30°C) в результате высоких тепловых излучений (до 1000 кДж/м³·ч), которые значительно превышают допустимые значения, составляющие 84 кДж/м³·ч [9].

2 БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

2.1 Факторы, влияющие на устойчивость работы промышленного объекта в условиях ЧС

Актуальность проблемы обеспечения природно-техногенной безопасности населения и территорий обусловлена тенденциями увеличения человеческих потерь и повреждения территорий в результате чрезвычайных ситуаций (ЧС). Риск ЧС природного и техногенного характера неуклонно возрастает.

Чрезвычайная ситуация – нарушение нормальных условий жизни и деятельности людей на объекте, территории, вызванное аварией, катастрофой, стихийным бедствием, эпидемией, эпизоотией, эпифитотией, большим пожаром, применением оружия массового поражения, которые привели или могут привести к человеческим или материальным потерям.

Обеспечение устойчивости работы объекта народного хозяйства в условиях ЧС – одна из основных задач ГО.

Под устойчивостью функционирования объекта понимают способность его в условиях ЧС выпускать продукцию в запланированном объеме и номенклатуре, выполнять все свои функции, а в случае аварии, катастрофы, повреждения – восстанавливать производство в минимально короткие сроки.

На устойчивость функционирования объектов народного хозяйства в условиях ЧС влияют следующие факторы:

- надежность защиты рабочих и служащих от последствий ЧС – аварий, катастроф, от первичных и вторичных факторов ОМП;
- способность инженерно-технического комплекса объекта противостоять этим воздействиям;
- надежность системы снабжения объекта всем необходимым для производства продукции (сырьем, топливом, энергией, газом, водой и т. д.);
- устойчивость и непрерывность управления производством и ГО;
- подготовленность объекта к ведению СидНР и восстановительным работам.

2.2 Анализ устойчивости работы производственного цеха к действию воздушной ударной волны

В дипломном проекте проведен анализ устойчивости работы производственного цеха на случай взрыва 100 т жидкого пропана на расстоянии 405 м, а также предложены меры по повышению устойчивости цеха.

Производственный цех расположен в массивном промышленном здании с металлическим каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью 25...50 т. В цехе расположено следующее оборудование: подъемно-транспортное оборудование, электродвигатели герметичные мощностью до 2 кВт, станки средние. Коммунально-энергетические сети представлены кабельными наземными электролиниями, трубопроводами, углубленными на 20 см, в цехе имеется подвижной железнодорожный состав.

Решение

1 Рассчитаем величину избыточного давления ударной волны в месте расположения объекта, для этого изначально определим, в какой зоне воздействия ударной волны находится объект:

а) определим радиус действия детонационной волны

$$r_1 = 17,5 \sqrt[3]{Q}, \quad (2.1)$$

где r_1 – радиус действия детонационной волны, м;

Q – количество взрывоопасного вещества, т.

$$r_1 = 17,5 \sqrt[3]{100} = 81,2 \text{ м},$$

б) определим радиус действия продуктов взрыва

$$r_2 = 1,7 \cdot r_1, \quad (2.2)$$

где r_2 – радиус действия продуктов взрыва, м;

$$r_2 = 1,7 \cdot 81,2 = 138 \text{ м}.$$

Сравнение величин r_2 и r_1 с расстоянием от центра взрыва до объекта позволяет сделать вывод, что объект находится в третьей зоне – зоне действия воздушной ударной волны.

2 Вычислим величину избыточного давления, для чего сначала рассчитаем относительную величину ϕ

$$\phi = 0,24 \cdot r_3 / r_1, \quad (2.3)$$

где r_3 – расстояние до объекта, который находится в третьей зоне от центра взрыва, м.

$$\phi = 0,24 \cdot 405 / 81,2 = 1,2.$$

Затем, чтобы вычислить избыточное давление ударной волны, воспользуемся одной из нижеприведенных формул, кПа

если $\phi \leq 2$, то

$$\Delta P_\phi = \frac{700}{3(\sqrt{1 + 29,8\phi^3} - 1)}, \quad (2.4)$$

если $\phi > 2$, то

$$\Delta P_\phi = \frac{22}{\phi \sqrt{0,158 + \lg \phi}}, \quad (2.5)$$

где ΔP_ϕ - избыточное давление ударной волны, кПа.

В нашем случае $\phi = 1,54$, т.е. меньше 2, следовательно

$$\Delta P_{\phi} = \frac{700}{3\left(\sqrt{1 + 29,8 \cdot 1,2^3} - 1\right)} = 37,4 \text{ кПа} .$$

3 Составим сводную таблицу 2.1, для этого внесем в нее характеристики элементов объекта. Затем занесем в сводную таблицу с помощью условных обозначений степени разрушения элементов объекта при разных значениях избыточного давлений ударной волны (табл. Т.1 прилож. Т).

Определим предел устойчивости каждого элемента объекта как границу между слабыми и средними разрушениями, занесем полученные цифры в предпоследний столбец графы «Предел устойчивости элемента, кПа».

Среди полученных цифр найдем наименьшую, она и будет пределом устойчивости объекта в целом. Занесем эту цифру в последний столбец графы «Предел устойчивости объекта, кПа». В нашем случае это 25 кПа.

Критерием (показателем) устойчивости объекта к действию ударной волны является значение избыточного давления, при котором здания, сооружения, оборудование объекта сохраняются или получают слабые разрушения.

Это $\Delta P_{\phi \text{ предельное}}$ – предел устойчивости объекта.

В нашем случае

$$\Delta P_{\phi \text{ предельное}} = 25 \text{ кПа}.$$

Таким образом, анализ таблицы показал, что предел устойчивости промышленного объекта к действию ударной волны составляет 25 кПа.

Поскольку на объекте ожидается максимальное избыточное давление 37,4 кПа, а предел устойчивости объекта равен 25 кПа, то объект является неустойчивым к действию ударной волны. Неустойчивыми элементами являются здание цеха и станки средние, кабельные наземные электролинии.

Необходимо повысить устойчивость объекта до 38 кПа.

Для повышения устойчивости объекта предлагаются следующие меры (прилож. У):

– для здания – укрепление несущих элементов конструкции здания дополнительными колоннами и фермами, установка дополнительных перекрытий, подкосов и распорок;

– для станков – надежное крепление станков к фундаменту, устройство контрфорсов, которые повышают устойчивость станков к опрокидыванию, оснащение аварийных складов запчастей и оборудования;

– для кабельных наземных электролиний – углубление в землю.

Таблица 2.1 – Сводная таблица результатов оценки устойчивости объекта к действию ударной волны

Характеристики элементов объекта	Степень разрушения при ΔP_{ϕ} , кПа									Предел устойчивости, кПа	
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	элемента	объекта
Здание: Массивное промышленное здание с металлическим каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью 25...50 т										30	25
Оборудование: средние станки										25	
электродвигатели герметичные мощностью до 2кВт										50	
подъемно-транспортное оборудование										50	
Коммунально-энергетические сети: кабельные наземные электролинии										30	200
трубопроводы, углубленные на 20 см	Выдерживают до 200 кПа									200	
трубопроводы подвижной железнодорожный состав										40	

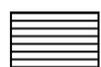
Примечание. Условные обозначения:



слабое разрушение;



сильное разрушение;



среднее разрушение;



полное разрушение.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

- 1 Инженерная экология литейного производства : учеб. пособие / А. Н. Болдин [и др.] ; под общ. ред. А. Н. Болдин. – М. : Машиностроение, 2010. – 352 с. : ил. – ISBN 978-5-94275-523-2.
- 2 Безопасность производственных процессов : справочник / С. В. Белов, [и др.] ; под общ. ред. С. В. Белова. – М. : Машиностроение, 1985. – 448 с. : ил.
- 3 **Сперанский, Б. С.** Охрана окружающей среды в литейном производстве / Б. С. Сперанский, Б. Ф. Туманский. – Киев ; Донецк : Вища шк. Головное издательство, 1985. – 80 с.
- 4 Безопасность жизнедеятельности : учебник для вузов / С. В. Белов [и др.] ; под общ. ред. С. В. Белова. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Высш. шк., 1999. – 448 с. : ил. – ISBN 5-06-003605-7.
- 5 Практикум з охорони праці : навчальний посібник / В. Ц. Жидецький [та ін.]; за ред. В. Ц. Жидецького. – Львів : Афіша, 2000. – 352 с. – SBN 966-7760-09-X.
- 6 Методические указания к выполнению раздела «Пожарная безопасность в дипломных проектах (для студентов всех специальностей) / сост. Г. И. Чижиков. – Краматорск : КИИ, 1988. – 35 с.
- 7 **Юдамехин, М. Я.** Пылеулавливание и очистка газов в черной металлургии / М. Я. Юдамехин. – М. : Металлургия, 1984. – 320 с.
- 8 **Бринза, В. Н.** Охрана труда в черной металлургии / В. Н. Бринза, М. М. Зинковский. – М. : Металлургия, 1982. – 336 с.
- 9 **Бабалов, А. Ф.** Промышленная защита в металлургии / А. Ф. Бабалов. – М. : Металлургия, 1972. – 360 с.
- 10 Методические указания к выполнению раздела «Охрана окружающей среды» дипломного проекта (для студентов всех специальностей) / сост. Г. И. Чижиков. – Краматорск : КИИ, 1991. – 24 с.
- 11 Методические указания к курсовому и дипломному проектированию по дисциплине «Гражданская оборона» для студентов заочной формы обучения / сост. Л. В. Дементий, А. Е. Поляков, А. А. Кузнецов – Краматорск : ДГМА, 2004. – 32 с.

Дополнительная литература

- 12 **Глиняна, Н. М.** Охорона праці у ливарному виробництві : курс лекцій для студентів вищих навчальних закладів напряму 0904 «Металургія» / Н. М. Глиняна. – Краматорськ : ДДМА, 2009. – 184 с. – ISBN 978-966-379-341-2.
- 13 Безопасность жизнедеятельности в машиностроении / под ред. Ю. М. Соломийцева. – М. : Высш. шк., 2002. – 310 с. – ISBN 5-06-004078-8.
- 14 **Ефанов, П. Д.** Техника безопасности и производственная санитария в черной металлургии : справочник / П. Д. Ефанов, Н. Н. Карнаух. – М. : Металлургия, 1980. – 406 с. : ил.

Приложение А

Таблица А.1 – ПДК некоторых загрязняющих веществ в атмосферном воздухе для населенных мест [2]

Вещество	ПДК, мг/м ³			Класс опасности	Агрегатное состояние
	в воздухе рабочей зоны	в воздухе населенных мест			
		максимальная разовая	среднесуточная		
1	2	3	4	5	6
Азота окислы (в пересчете на NO ₂)	2	0,04	0,085	2	п
Акролеин	0,2	0,03	0,03	2	п
Алюминия окись в виде аэрозолей дезинтеграции (глинозем, электрокорунд, монокорунд)	6	–	–	4	а
Алюминия окись, в том числе с примесью двуокиси кремния в виде аэрозоля конденсации	2	–	–	4	а
Алюминия окись (электрокорунд) в смеси со сплавом никеля до 15%	4	–	–	4	а
Аммиак	20	0,04	0,2	4	п
Ангидрид сернистый (SO ₂)	10	0,05	0,5	3	п
Ацетон	200	0,35	0,35	4	п
Бензол ⁺	5	0,1	1,5	2	п
3,4 – Бензпирен	0,00015	0,1 мкг/100 м ³	–	1	а
Керосин (в пересчете на С)	300	–	–	4	п
Кремния двуокись кристаллическая (SiO ₂)	1	0,05	0,15	3	а

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6
Кремния карбид (карборунд)	6	–	–	4	а
Марганец (в пересчете на MnO)	0,3	0,001	0,01	2	а
Никеля окись (в пересчете на Ni)	0,5	0,001	–	2	а
Сажа	4	0,05	0,15	3	а
Сероводород ⁺	10	0,008	0,008	2	п
Серовуглерод	1	0,005	0,03	2	п
Спирт амиловый	10	0,01	0,01	3	п
Спирт метиловый	5	0,5	1,0	3	п
Спирт пропиловый	10	0,3	0,3	3	п
Спирт этиловый	1000	5,0	5,0	4	п
Титан и его двуокись	10	–	–	4	а
Толуол	50	0,6	0,6	3	п
Углерода окись (CO)	20	3,0	5,0	4	п
Углерода пыль (кокс)	6	–	–	4	а
Формальдегид	0,5	0,003	0,035	2	п
Хлор	1	0,03	0,1	2	п
Хрома окись	1	–	–	2	а
Цинка окись	0,5	0,05	–	2	а
Чугун	6	–	–	4	а

Примечание: + – вещество опасно при поступлении через кожу. Агрегатное состояние: п – пары или газы, а – аэрозоли.

Приложение Б

Таблица Б.1 – Выделение пыли при изготовлении и использовании стержней и форм [1]

Технологический процесс, оборудование	Выделение пыли	
	на единицу перерабатываемого материала, г/кг	на единицу работающего оборудования, кг/ч
1	2	3
Транспортировка формовочных и стержневых материалов		
Загрузка и выгрузка исходных материалов в желоба при перегрузках и транспортировании:		
кусовых материалов	0,9...1,4	2,7...4,3
порошкообразных материалов	2,0...4,2	6,1...9,3
горелой земли	6,0...10,0	1,9...3,1
Пересыпка на конвейеры:		
кусовых материалов	0,6...0,8	1,8...2,1
порошкообразных материалов	1,3...1,5	4,0...4,6
горелой земли	0,4...0,6	1,2...1,5
Местные отсосы укрытий конвейеров, питателей и дозаторов:		
кусовых материалов	0,3...0,5	1,0...1,5
порошкообразных материалов	0,4...1,1	2,6...3,2
горелой земли	0,2...0,3	4,0...8,0
Сушка формовочных и стержневых материалов		
Горизонтальное барабанное сушило:		
для песка	0,3...0,7	3,0...7,0
для глины	2,0...3,0	6,0...10,0
Установка для сушки песка:		
в потоке горячих газов	1,8...2,4	7,0...9,0
в кипящем слое	1,2...1,4	12,0...14,0
вертикальная	0,5...1,0	1,1...2,1
Размол формовочных и стержневых материалов (угля, глины, кварца):		
шаровые мельницы производительностью до 1 т/ч	4,0...10,0	2,0...4,0
молотковые мельницы производительностью до 2 т/ч	6,0...8,0	12,0...15,0
молотковые дробилки производительностью до 5 т/ч	4,0...5,0	20,0...25,0

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3
Приготовление смесей		
Сита: вибрационные плоские механические барабанные (полигональные и цилиндрические)	3,0...5,0 6,0...7,0 2,0...3,0	12,0...15,0 21,0...24,0 13,0...17,0
Смесители: периодического действия с вертикальными катками (бегуны) производительностью 50 т/ч периодического действия с горизонтальными катками (центробежные) производительностью до 50 т/ч тарельчатые (бегуны) производительностью до 20 т/ч грохоты бункера формовочных смесей	0,4...1,0 0,6...1,2 0,2...0,6 — —	20,0...25,0 15,0...25,0 4,0...8,0 30,0...36,0 6,0...8,0
Выбивка форм и стержней		
Подвесные вибраторы при высоте опоки над решеткой до 1 м	8,0...1,0	12,0...16,0
Выбивающие эксцентриковые решетки грузоподъемностью до 2,5 т	3,5...6,0	8,6...11,0
Выбивные инерционные решетки грузоподъемностью до 10 т	6,2...10,0	22,0...25,0
Выбивные инерционно-ударные решетки грузоподъемностью до 30 т	14,0...22,0	до 100,0

Таблица Б.2 – Основные вредные вещества, выделяющиеся при изготовлении отливок [1]

Связующие		Основные вредные вещества	
Тип, класс	Основные марки	при изготовлении стержней и форм	при заливке, охлаждении и выбивке форм
Безмасляные «крепители»	КО, УСК-1, П, СКТ-11, ЛСТ	Акролеин, метанол, формальдегид, фурфурол, фенол, фуриловый спирт	Оксид углерода, оксиды серы, предельные углеводороды
Фенолоформальдегидные	Фенолоспирт, СФ-015, СФ-011, СФ-262, СФ-480, СФ-1, СФ-3042	Аммиак, ацетон, метанол, формальдегид, фенол	Оксид углерода, аммиак, ацетон, метанол, бензол, углеводороды, цианиды, сернистый ангидрид
Фенолофурановые	ФФ-65, ФФ-65С	Метанол, формальдегид, фенол, фурфурол, фурфуриловый спирт	Оксид углерода, метанол, формальдегид, фенол, бензол, предельные углеводороды, фурфурол, фурфуриловый спирт, сернистый ангидрид
Карбамидоформальдегидные	КФ-МТ, М-19-62, УКС, М-3, КФ-Ж	Метанол, формальдегид, аммиак	Оксид углерода, метанол, формальдегид, предельные углеводороды, аммиак, цианиды, окислы азота, фосфорный ангидрид
Карбамидофурановые	КФ-90, БС-40, УКС с фуриловым спиртом, КФ-МТ с фуриловым спиртом	Метанол, формальдегид, фурфурол, фурфуриловый спирт	Оксид углерода, метанол, формальдегид, предельные углеводороды, аммиак, цианиды, окислы азота, фурфурол, фурфуриловый спирт, фосфорный ангидрид
Фенолокарбамидоформальдегидные	ТОЛ, ФМЛ, СФ-411, ФПР-24, КФФ-Л	Метанол, формальдегид, фенол, аммиак	Оксид углерода, метанол, формальдегид, предельные углеводороды, аммиак, цианиды, окислы азота

Таблица Б.3 – Краткая токсикологическая характеристика вредных веществ [1]

Вещество	ПДК, мг/м ³	Класс опасности	Характер токсического действия
1	2	3	4
Оксиды азота (в пересчете на NO ₂)	5	3	Оказывает выраженное раздражающее и прижигающее действие на дыхательные пути, поражают альвеолярную ткань, что приводит к отеку легких; оказывают действие на артерии, вызывают расширение сосудов и снижение кровяного давления
Акролеин	0,2	2	Оказывает сильное раздражающее действие на слизистые оболочки; некоторое общее токсическое и слабое наркотическое действие
Аммиак	20	4	Оказывает раздражающее действие; в высоких концентрациях возбуждает нервную систему и вызывает судороги
Ацетон	200	4	Оказывает наркотическое действие; при выдыхании в течение длительного времени накапливается в организме, медленное выведение из организма увеличивает опасность хронического отравления
Бензол	5	2	Оказывает наркотическое (отчасти судорожное) действие на центральную нервную систему, хроническое отравление может привести к смерти
Метанол	5	3	Сильный яд с резко выраженным кумулятивным действием; оказывает сильное раздражающее действие на слизистые оболочки дыхательных путей и глаз
Сернистый ангидрид	10	3	Оказывает сильное раздражающее действие на дыхательные пути, нарушает обменные и ферментные процессы

Продолжение таблицы Б.3

1	2	3	4
Предельные углеводороды (в пересчете на углерод)	300	4	При высоких концентрациях в воздухе оказывает наркотическое действие
Оксид углерода	20	4	Вытесняет кислород из оксигемоглобина крови, что препятствует переносу кислорода из легких к тканям; понижает содержание кислорода в крови, вызывает удушье. Оказывает токсическое действие на клетки, нарушая тканевое дыхание и уменьшая потребление тканями кислорода
Фенол	0,3	2	Сильный яд, оказывает общетоксическое действие, может всасываться через кожу
Формальдегид	0,5	2	Оказывает раздражающее действие на кожу и слизистые оболочки, обладает большой ядовитостью
Фосфорный ангидрид	1,0	2	Оказывает раздражающее действие на слизистые оболочки
Фурфуро-вый спирт	0,5	2	Оказывает угнетающее действие на центральную нервную систему, дыхание, снижает температуру тела, вызывает головокружение, тошноту
Фурфурол	10	3	Яд, вызывающий паралич, оказывает слабое раздражающее действие на слизистые оболочки

Приложение В

Таблица В.1 – Общая характеристика выбросов от вагранок [1]

Производительность вагранки, т/год	Показатели						
	Диаметр шахты вагранки, мм	Объем отходящих газов, тыс. м ³ /год	Температура газов (после искрогасителя), °С	Среднее количество вредных веществ, кг/год			
				Пыль	СО	SO ₂	NO _x
2	600	2,3	160	23	130	3	0,10
3	700	3,2	160	30	190	5	0,15
4	800	4,1	170	40	300	6	0,25
5	900	5,4	180	55	370	8	0,30
7	1100	7,8	200	80	500	11	0,45
10	1300	11,0	250	100	700	13	0,80
15	1500	14,5	250	140	920	17	1,20
20	1800	20,5	300	200	1100	30	1,80
25	2100	27,0	300	200	1500	32	2,20

Таблица В.2 – Дисперсный состав ваграночной пыли, % [1]

Дутье	Диаметр частиц, мкм					
	5	5...10	10...20	20...40	40...60	60
Холодное	5...14	2...12	5...6	6...12	12...26	70...30
Горячее	15...17	13...20	4...16	5...13	10...16	53...18

Таблица В.3 – Химический состав ваграночной пыли, % [1]

Компоненты пыли	Среднее значение	Предельные значения	Компоненты пыли	Среднее значение	Предельные значения
SiO ₂	30	10...45	С	30	10...64
CaO	4	2...18	PbO	–	до 8
Al ₂ O ₃	3	0,5...25	P ₂ O ₅	0,4	–
MgO	2	0,5...5	Na ₂ O	1,5	–
Fe(Fe ₂ O ₃ , FeO)	14	5...26	K ₂ O	1,0	–
MnO	2	0,5...9			

Приложение Г

Таблица Г.1 – Удельные выделения загрязняющих веществ при плавке чугуна в открытых чугунолитейных вагранках и электродуговых печах [3]

Тип плавильного аппарата	Удельное содержание загрязняющего вещества, кг/т				
	Пыль	Оксид углерода	Углеродороды	Оксиды азота	Диоксид серы
Открытая вагранка	19	200	2,4	0,014	1,5
Электродуговая печь, производительностью 7 т/ч	8,1	1,5	–	0,29	–

Таблица Г.2 – Количество выбрасываемых газов и пыли из дуговых печей различной вместимости [3]

Вместимость печи, т	Количество газов, выбрасываемых из печи, м ³ /ч		Средняя запыленность газов, г/м ³	Удельный выброс пыли, кг/т
	без подсоса воздуха	с подсосом воздуха		
5	700	2000	27	9,4
10	1100	4000	22	8,8
20	2200	8000	18	8,1
40	3900	16000	15	7,0
100	7800	40000	14	6,6

Таблица Г.3 – Химический состав (% масс.) пыли, выделяющейся при плавке в ЭДП [1]

Вещество	ЭДП вместимостью, т		
	3	6	6
	с футеровкой		
	кислой	кислой	основной
SiO ₂	25,340	27,100	0,100
ZnO	12,700	13,000	7,400
Fe ₂ O ₃	54,700	56,500	44,000
CaO	0,710	0,500	14,900
Pb	0,563	0,334	1,432
Cd	0,004	0,004	0,014
Cr	0,085	0,091	0,144
Mn	9,120	4,63	4,340

Таблица Г. 4 – Удельные выделения загрязняющих веществ, кг/т, при выплавке стали и чугуна в индукционных печах [1]

Вредные выбросы	Выплавка стали	Выплавка чугуна
Пыль	0,64...2,12	0,75...1,5
Оксид углерода	0,1...0,16	0,1...0,13
Окислы азота	0,06...0,09	0,06...0,08
Прочие	0,15...0,26	0,12...0,21

Приложение Д

Таблица Д.2 – Удельные выделения загрязняющих веществ, кг/т, при плавке цветных металлов и сплавов [3]

Тип плавильного аппарата	Удельное содержание загрязняющего вещества, кг/т				
	Пыль	Оксиды азота	Диоксид серы	Оксид углерода	Прочие вещества
Индукционные печи	1,2	0,7	0,4	0,9	0,2
Электродуговые печи	1,8	1,2	0,8	1,1	0,3
Печи сопротивления	1,5	0,5	0,7	0,5	0,3
Газомазутные плавильные печи (плавка алюминия)	2,8	0,6	0,6	1,4	0,18

Приложение Е

Таблица Е.1 – Количество окиси углерода, которая выделяется при заливке металла в формы [4]

Масса отливки, т	СО, кг/т
0,1	1,05
0,2...0,3	0,90
0,5...1	0,75
1...2	0,70
5	0,55
10	0,5
20	0,4

Таблица Е.2 – Удельное газовыделение, мг/(кг·ч), при заливке и охлаждении форм и стержней из ХТС [1]

Связующие	Оксид углерода	Метанол	Фенол	Бензол	Формальдегид	Фурфурол	Аммиак	Цианиды	Приведенное (в пересчете на СО)
Карбамидоформальдегидные:									
М-3	45,6	72,3	–	–	46,3	–	383,0	107,9	9800
ВК-1	61,6	41,7	–	–	39,4	–	205,8	75,5	7000
Карбамидофурановые:									
КФ-90	587,1	12,1	–	–	–	0,2	190,1	56,2	4600
БС-40	146,1	20,9	–	–	0,1	0,1	815,3	84,5	6700
Фенолформальдегидные:									
РСФ-3010	551,2	5,5	389,7	418,3	–	–	–	–	28200
СФ-3042	498,6	15,8	222,5	419,4	–	–	–	–	17100
Фенолформальдегидофурановые «Фуритол-68»	1754,9	22,1	38,4	278,1	1,5	1,1	–	–	5700
Фурановые ПФС	173,9	5,4	–	538,6	–	0,9	–	–	2400
Карбамидофенолоформальдегидные КФФ-Л	461,8	192,4	66,0	15,8	–	–	629,2	698,0	

Примечания:

1 В качестве катализатора для всех карбамидоформальдегидных смол и КФФ-Л использовалась ортофосфорная кислота; для всех фенолформальдегидных – бензолсульфоуксусная кислота.

2 Содержание связующего в смеси 3 мас. ч. на 100 мас. ч. песка, во всех остальных смесях – не более 2 мас. ч.

Приложение Ж

Таблица Ж.1 – Интенсивность выделения вредных веществ при изготовлении стержней [4]

Связующие вещества	Интенсивность выделения вредных веществ	
	При заполнении ящиков смесью, мг/(кг·ч)	При отверждении смеси, мг/(дм ² ·ч)
Фенолформальдегидные (ОФ-1)	9,2	1,46
Карбамидоформальдегидные (УКС)	215	37,8
Карбамидофурановые (БС-40)	41	5,7
На основе синтетических смол УГТС	61	10,3

Таблица Ж.2 – Удельное газовыделение при изготовлении форм и стержней из ХТС [1]

Связующие	Удельное газовыделение									
	при заполнении ящиков смесью, мг/(кг·ч)					при отверждении смеси, мг/(дм ² ·ч)				
	Формальдегид	Метанол	Фенол	Фурфурол	Приведенное	Формальдегид	Метанол	Фенол	Фурфурол	Приведенное
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Карбамидоформальдегидные:										
М-3	0,66	124,2	–	–	13,1	0,09	20,07	–	–	2,2
ВК-1	1,20	104,7	–	–	10,6	0,15	16,1	–	–	1,8
Карбамидофурановые:										
КФ-90	2,90	280,8	–	0,72	31,0	0,30	43,6	–	0,09	4,7
БС-40	3,00	186,0	–	0,45	21,7	0,30	21,8	–	0,04	2,5
КФ-Ж (с фуриловым спиртом)	0,20	108,0	–	0,50	11,1	0,03	16,6	–	0,03	1,7

Продолжение таблицы Ж.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Фенолформальдегидные:										
РСФ-3010	4,90	11,7	1,30	–	9,2	0,08	2,0	0,20	–	1,5
СФ-3042	2,00	41,4	2,10	–	11,1	0,30	6,2	0,30	–	1,5
Фенолфурановые типа ФФ-65	1,10	25,2	0,50	–	4,5	0,10	2,9	0,01	–	0,6
Полифурановые ПФС	0,80	0,8	–	4,00	11,0	0,09	0,1	–	0,50	1,3
Карбамидофено- лоформальдегид- ные КФФ-Л	12,0	148,8	0,96	–	28,5	2,23	25,2	0,11	–	5,0

Примечания:

1 В качестве катализатора для всех карбамидоформальдегидных смол и КФФ-Л использовалась ортофосфорная кислота; для всех фенолформальдегидных – бензолсульфо кислота.

2 Содержание связующего в смеси 3 мас. ч. на 100 мас. ч. песка, во всех остальных смесях – не более 2 мас. ч.

Таблица Ж.3 – Газовыделение и условная токсичность при тепловом отверждении смесей (240°C) [1]

Связующее		Газовыделение, мг/кг					Условная токсичность при отверждении смеси
Марка	Содержание в смеси, %	Формальдегид	Фурфурол	Акролеин	Метанол	Фурфуриловый спирт	
КО	2,0	7,8*/1,2	0,7/0,10	27,0/0,5	7/0,7	–	152,1
КО + ЛСТ	2,0 + 3,0	20,9/2,9	6,1/0,50	27,7/2,0	123/19,0	–	205,5
УСК-1	2,0	7,1/0,6	0,6/0,4	25,0/0,9	4/0,7	–	140,1
УСК-1 + ЛСТ	2,0 + 3,0	16,0/2,7	6,5/0,30	24,0/0,8	100/15,2	–	172,7
СКТ-11	2,0	12,4/2,4	2,3/0,20	20,6/0,7	3,2/0,5	115/2,6	358,6
СКТ-11 + ЛСТ	2,0 + 3,0	31,7/4,1	4,5/1,10	25,6/1,3	108/0,5	89/11,7	391/4
ЛСТ	5,0	7,0/1,7	5,9/0,50	–	100/22,6	–	34/6

Примечание: * В числителе приведено значение при отверждении смеси, в знаменателе – при охлаждении.

Приложение К

Таблица К.1 – Выделение загрязняющих веществ при сушке форм и стержней [4]

Тип оборудования	Выделение веществ, кг/т						
	СО	NO	SO ₂	HF	Формальдегид	СН ₄	Акролеин
Горизонтальные конвейерные сушила	0,511	0,253	0,140	–	0,080	0,031	0,086
Конвейерные сушила	0,4	0,013	-	0,017	–	–	–
Вертикальные сушила	0,119	0,032	0,097	0,016	–	–	–
Камерные сушила	0,055-0,070	0,012	0,102	–	–	0,033	–

Приложение Л

Таблица Л.1 – Количество и дисперсный состав пыли, удаляемой от основных видов технологического оборудования литейных цехов [3]

Наименование оборудования	Количество пыли, мг/м ³	Дисперсный состав пыли (в % по массе) при размерах частиц, мкм						Объем отсасываемого воздуха, м ³ /ч
		до 5	5...10	10...20	20...40	40...60	более 60	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Склады шихты и формовочных материалов								
Дробилки щековые производительностью 30 т/ч	1600	2,60	10,00	18,2	30,40	18,30	20,50	500...2000
Мельницы шаровые производительностью 75 кг/ч	9000	45,00	27,30	19,20	5,00	2,50	1,00	900
Сушилка для песка и глины, м:								
d _c = 0,8, l _c = 4	–	–	–	–	–	–	–	1450
d _c = 1,2, l _c = 6	–	–	–	–	–	–	–	3250
d _c = 1,4, l _c = 7	300...500	–	–	–	–	–	100,00	4400
d _c = 1,6, l _c = 8	–	–	–	–	–	–	–	5700
d _c = 4, l _c = 10	–	–	–	–	–	–	–	8000
Смесеприготовительное отделение								
Бегуны смешивающиеся с вертикально вращающимися катками	1000	1,00	9,00	20,00	21,00	18,90	30,10	3000
То же, с горизонтально вращающимися катками	1000	1,00	9,00	20,00	20,00	20,00	30,00	15000, 18000

Продолжение таблицы Л.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сита плоские вибрационные (инерционные) С12-19 и плоские механические (качающиеся) СМ-50	2000	11,50	2,00	43,10	29,21	4,01	39,58	600...3000
Сита барабанные (полигональные) при просеивании материалов: холодных с температурой более 50°С	2000	–	2,00	9,5	17,40	20,70	50,40	1200...1500
	3000	0,50	12,00	30,50	24,50	15,00	18,00	1500...2000
Конвейеры ленточные	1000	–	–	–	–	–	–	более 300 на 1 м
Элеваторы ковшовые для сыпучих материалов: отсос от башмака при перемещении холодного материала отсос от головки при перемещении материала с температурой более 50°С	1000	–	0,80	4,00	18,00	21,40	55,80	по расчету
	2000	–	2,20	10,80	14,90	32,40	39,70	то же
Узлы пересыпания сухих сыпучих материалов	1000	3,40	4,00	17,40	21,80	8,40	45,00	то же

Продолжение таблицы Л.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Бункеры для оборотной формовочной смеси, сухого песка и сухой глины, загружаемые: через течи с ленточных конвейеров	2000	–	1,20	2,20	5,60	17,00	74,20	то же
	2000	0,30	1,00	3,40	7,00	15,90	72,40	то же
Отделение выбивки форм и стержней								
Решетки для выбивки форм высотой: от 30...60% ширины решетки 35% ширины решетки	800	6,00	8,00	22,00	26,00	23,00	15,00	12000
	2500	0,12	2,98	6,00	25,00	4,00	26,00	12000
Выбивные решетки площадью более 3 м ²	2500	5,80	7,80	30,20	23,60	11,60	21,00	16000
Станки вибрационные	2500	–	–	–	–	–	–	8000
Отделение обрубки, очистки отливок								
Барабаны очистные галтовочные периодического действия	3000	7,40	10,40	28,30	27,40	12,20	14,30	1800D ²
Камеры дробеструйные различных типов	3000...5150	0,50	2,50	11,00	20,90	40,10	25,00	1000...18000

Продолжение таблицы Л.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Станки обдирочно-шлифовальные	250...600	13,04	12,06	22,80	22,92	21,74	7,44	–
Установки для очистки мелкого литья	1000	6,70	5,50	24,70	9,00	2,50	31,60	3200
Барабаны очистные галтовочные модели 314	12500	1,60	8,30	27,40	29,73	17,30	15,70	11000
Машины очистные дробебетные	6000	0,70	1,70	8,50	14,00	21,40	51,00	6000
Барабаны дробебетные очистные	5400	0,70	3,00	14,60	39,10	21,20	21,40	8000
Столы дробебетные очистные	5650	–	1,00	10,00	10,50	11,30	67,20	6000
Камеры дробебетные очистные различных типов	4900...5500	1,00	2,00	12,00	13,80	30,70	40,50	8000...10000

Приложение М

Таблица М.1 – Выделение загрязняющих веществ при выбивке форм и стержней [10]

Оборудование	Выделение веществ, кг/т				
	Пыль	СО	SO ₂	NO _x	NH ₃
Подвесные вибраторы при высоте опоки над решеткой не менее 1 м	9,97	1,2	0,04	0,2	0,4
Решетки выбивные эксцентриковые производительностью до 2,5 т/год	4,8	1,0	0,03	0,2	0,3
Решетки выбивные инерционные грузоподъемностью, т/год до:					
– 10	7,9	1,1	0,03	0,2	0,4
– 20	10,2	1,2	0,04	0,3	0,6
– 30	22,3	1,2	0,04	0,3	0,6

Приложение Н

Таблица Н.1 – Концентрация пыли в воздухе и удельные выбросы пыли при различных способах очистки отливок [3]

Оборудование	Запыленность воздухе, мг/м ³	Количество выделяющейся пыли, кг/т литья	Количество отсасываемого воздуха, м ³ /ч
Очистные барабаны	4000...7000	4...7	1800D*
Обдирочные станки	25...440	0,4...7	1700
Дробеметные аппараты	5...60	0,08	17000
Дробеструйные камеры	53...76	0,04...0,06	–

Примечание: D* – диаметр барабана, м.

Приложение II

Таблица П.1 – Допустимые уровни звукового давления и эквивалентные уровни звука на рабочих местах [1]

Рабочие места	Уровень звукового давления, дБ в октавных полосах со среднегеометрической частотой, Гц									Уровень звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
В производственных помещениях цеха	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
За пультами в кабинах наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону; в помещениях лабораторий с шумным оборудованием, в помещениях для размещения шумных агрегатов вычислительных машин	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
В помещениях с речевой связью	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
В помещениях цехового управленческого аппарата, в рабочих комнатах конторских помещений, лабораториях	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60

Приложение Р

Таблица Р. 1 – Уровни звуковой мощности оборудования литейного цеха, L_N , дБ [2]

Оборудование	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц								Уровни звука
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Электропечь									
ДС-2	100	99	98	100	102	101	95	88	107
ДС-3	107	105	107	106	101	100	97	88	111
ДС-5	109	111	109	110	110	97	91	85	113
Бегуны									
размалывающие	100	103	102	97	90	88	85	79	98
смешивающие	106	104	104	113	99	95	86	79	104
Ленточный конвейер	105	106	107	99	96	92	89	85	103
Формовочная машина:									
266	110	109	103	110	111	105	104	102	117
234 (234 М)	113	110	113	114	112	109	107	100	119
Шаровая мельница									
типа:									
СМ-15	101	103	104	107	110	109	104	95	117
СМ-174	99	115	117	123	123	121	117	107	127

Продолжение таблицы П. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Очистной барабан	101	105	107	113	116	113	106	96	119
Пескомет мод. 296 М	104	110	113	105	100	96	94	91	108
Вибрационное плоское сито СМ 50	107	111	108	104	101	104	98	94	110
Трамбовка ТР-1	88	91	93	96	90	96	86	77	97
Пневматическая выбивная решетка	108	115	115	113	112	113	106	96	115
Инерционная решетка ИР-410:									
– пустая	98	99	102	107	110	111	96	96	113
– нагруженная	111	113	113	118	117	115	110	101	121

Приложение С

Таблица С.1 – Значение НКПВ и температура воспламенения ($t_{\text{воспл}}$) для металлических порошков [6]

Порошки (мельче 50 мкм)	НКПВ	Температура воспламенения, $t_{\text{воспл}}$, °С
Алюминий: распыленный	750	40
толченый	470	35
Магний: распыленный	490	10
молотый	475	20
толченый	480	20
Железо, восстановленное: водородом	290	120
углеродом	390	250
Железо: карбонильное	230	105
электролитическое	320	200
Титан	380	45
Цирконий	190	40
Ферромарганец ФМн78К	270	370
Силикокальций СК 25	42	490
Марганец металлический	190	320
Ферросилиций ФС75	150	1000

Приложение Т

Таблица Т.1 – Степени разрушения элементов объекта при различных избыточных давлениях фронта ударной волны

№ п/п	Элементы объекта	Разрушения			
		слабые	средние	сильных	полные
1	2	3	4	5	6
Производственные здания					
1	Массивные промышленные здания с металлическим каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью 25...50 т	20...30	30...40	40...50	50...70
2	Массивные промышленные здания с металлическим каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью 50...100 т	30...40	40...50	50...60	60...80
3	Промышленные здания с металлическим каркасом и бетонным заполнением стен с площадью остекления около 30 %	10...20	20...30	30...40	40...50
4	Доменные печи	20...40	40...80	80...100	Более 100
Некоторые виды оборудования					
1	Станки тяжелые	25...40	40...60	60...70	Более 70
2	Станки средние	15...25	25...35	35...45	Более 45
3	Станки легкие	6...12	12...15	15...25	Более 25
4	Краны и крановое оборудование	20...30	30...50	50...70	Более 70
5	Подъемно-транспортное оборудование	20...50	50...60	60...80	Более 80

Продолжение таблицы Т.1

1	2	3	4	5	6
6	Ленточные конвейеры на железобетонных эстакадах	5...6	6...10	10...20	20...40
7	Гибкие шланги для транспортировки сыпучих материалов	7...15	15...25	25...35	35...45
8	Электродвигатели мощностью до 2 кВт открытые	20...40	40...50	–	50...80
9	Электродвигатели мощностью до 2 кВт герметичные	30...50	50...70	–	80...100
10	Электродвигатели мощностью от 2 кВт до 10 кВт открытые	30...50	50...70	–	80...100
11	Электродвигатели мощностью от 2 кВт до 10 кВт герметичные	40...60	60...75	–	75...110
12	Электродвигатели мощностью 10 кВт и больше, открытые	50...60	60...80	–	80...120
13	Электродвигатели мощностью 10 кВт и больше, герметичные	60...70	70...80	–	80...120
14	Трансформаторы от 100 до 1000 кВт	20...30	30...50	50...60	Более 60
15	Генераторы на 100...300 кВт	10...25	25...35	35...50	50...70
16	Открытые распределительные устройства	15...25	25...35	–	–
17	Масляные выключатели	5...6	6...10	10...20	20...40
18	Контрольно-измерительная аппаратура	5...10	10...20	20...30	Более 30
19	Магнитные пускатели	20...30	30...40	40...60	–
20	Стеллажи	10...25	25...35	35...50	50...70
Коммунально-энергетические сети и транспорт					
1	Трансформаторные подстанции закрытого типа	30...40	40...60	60...70	70...80
2	Кабельные подземные линии	200...300	300...600	600...1000	Более 1000
3	Кабельные наземные линии	10...30	30...50	50...60	Более 60
4	Воздушные линии высокого напряжения	25...30	30...50	50...70	Более 70

Продолжение таблицы Т.1

1	2	3	4	5	6
5	Воздушные линии низкого напряжения	20...60	60...100	100...160	Более 160
6	Подземные чугунные и керамические трубопроводы	200...600	600...1000	1000...1200	Более 1200
7	Трубопроводы, углубленные на 20 см	150...200	250...300	300...500	Более 500
8	Трубопроводы наземные	20...50	50...130	Более 130	–
9	Трубопроводы на металлических или железобетонных эстакадах	20...30	30...40	40...50	–
10	Котельная	7...13	13...25	25...35	35...45
11	Подземные стальные трубопроводы диаметром до 350 мм	600...1000	1000...1500	1500...2000	Более 2000
12	Подземные стальные трубопроводы диаметром более 350 мм	200...350	350...600	600...1000	Более 1000
13	Водопровод заглубленный	100...200	200...1000	1000...1500	Более 1500
14	Подземные резервуары	20...50	50...100	100...200	Более 200
15	Частично углубленные резервуары	40...50	50...80	80...100	Более 100
16	Наземные резервуары	30...40	40...70	70...90	Более 90
17	Грузовые автомобили	20...30	30...50	55...665	Более 65
18	Гусеничная техника	30...40	40...80	80...100	Более 100
19	Железнодорожные пути	100...150	150...200	200...300	300...500
20	Подвижной железнодорожный состав	30...40	40...80	80...10	100...200
21	Металлические мосты с прогоном 30...45 м	50...100	100...150	150...200	Более 200

Приложение У

Мероприятия по повышению устойчивости элементов объекта

Мероприятия по повышению устойчивости здания:

- укрепление несущих конструкций здания установкой дополнительных колонн или ферм;
- укрепление цокольного этажа стойками и прогонами;
- установление новых перекрытий, подкосов, распорок;
- установление дополнительных связей между отдельными элементами сооружения;
- уменьшение прогона несущих конструкций установлением контрфорсов.

Мероприятия по повышению устойчивости оборудования, оргтехники, коммунальных сетей:

- прочное крепление оборудования на фундаменте;
- установка контрфорсов, которые повышают устойчивость станков к опрокидыванию;
- установка над оборудованием специальных защищающих конструкций;
- углубление наземных электролиний или трубопроводов в землю;
- установка дополнительных силовых элементов (для металлических конструкций);
- оснащение аварийного склада запасных частей и оборудования.

Приложение Ф

Таблица Ф. 1 – Государственные нормативно-правовые акты по охране труда (выдержка из Государственного реестра нормативно-правовых актов по вопросам охраны труда состоянием на 07.08.2008)

Позначення нормативного акта	Назва нормативного акта	Затвердження	
		Дата, номер документа	Організація
1	2	3	4
НОРМАТИВНО-ПРАВОВІ АКТИ, ДІЯ ЯКИХ ПОШИРЮЄТЬСЯ НА ДЕКІЛЬКА ВИДІВ ЕКОНОМІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ (код 0.00)			
НПАОП 0.00-1.01-07	Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів Зареєстровано:	18.06.07 Наказ № 132 09.07.07 № 784/14051	Держгірпромнагляд Мін'юст України
НПАОП 0.00-1.59-87	Правила будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском	27.11.87	Держгіртехнагляд СРСР
НПАОП 0.00-2.01-05	Перелік робіт з підвищеною небезпекою Зареєстровано:	26.01.05 Наказ № 15 15.02.05 № 232/10512	Держнаглядохоронпраці України Мін'юст
НПАОП 0.00-4.01-08	Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту Зареєстровано:	24.03.08 Наказ № 53 21.05.08 № 446/15137	Держгірпромнагляд Мін'юст України
Металургія (код КВЕД 27)			
НПАОП 27.0-1.01-08	Правила охорони праці в металургійній промисловості Зареєстровано:	22.12.09 Наказ № 289 29.01.09 № 87/16103	Держгірпромнагляд Мін'юст України
НПАОП 27.0-3.01-08	Норми безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам металургійної промисловості Зареєстровано:	27.08.08 Наказ № 187 01.10.08 № 918/15609	Держгірпромнагляд Мін'юст України

Продолжение таблицы Ф.1

1	2	3	4
НПАОП 27.1-1.01-09	Правила охорони праці у сталеплавильному виробництві Зареєстровано:	15.10.09 Наказ № 172 05.11.09 № 1038/17054	Держгірпромнагляд Мін'юст України
НПАОП 27.1-1.06-08	Правила охорони праці під час ремонту устаткування на підприємствах чорної металургії Зареєстровано:	20.08.08 Наказ № 183 16.09.08 № 863/15554	Держгірпромнагляд Мін'юст України
НПАОП 27.1-1.46-69	Правила техніки безпеки в мартенівському і електросталеплавильному виробництві	1969	ЦК профспілки робітників авіаборонпрому
НПАОП 27.1-5.02-81	Типова інструкція з безпеки праці для професій сталеплавильного виробництва	1981	Мінчормет СРСР
НПАОП 27.1-5.04-81	Типова інструкція з безпеки праці для робітників доменного виробництва	1981	Мінчормет СРСР
НПАОП 27.35-1.05-09	Правила охорони праці у феросплавному виробництві Зареєстровано:	15.10.09 Наказ № 173 05.11.09 № 1039/17055	Держгірпромнагляд Мін'юст України
НПАОП 27.4-1.02-89	Правила безпеки при виробництві нікелю, міді та кобальту	26.09.89	Держгіртехнагляд СРСР Мінкольормет СРСР
НПАОП 27.4-1.03-85	Правила безпеки при виробництві твердих сплавів і тугоплавких металів	24.12.85	Держгіртехнагляд СРСР Мінкольормет СРСР
НПАОП 27.4-1.06-77	Правила безпеки при виробництві олова і сплавів на його основі	28.06.77	Держгіртехнагляд СРСР Мінкольормет СРСР
НПАОП 27.4-7.15-86	ОСТ 48.264-86 Огородження рухомих частин устаткування. Загальні технічні вимоги	1986	Мінкольормет СРСР
НПАОП 27.5-1.15-97	Правила безпеки у ливарному виробництві	19.02.97 Наказ № 31	Держнаглядохоронпраці України

Продолжение таблицы Ф.1

1	2	3	4
НПАОП 27.5-1.33-89	Правила техніки безпеки при литті сталей і жаротривких сплавів за моделями, що виплавляються	16.12.89	Мінавіапром СРСР
НПАОП 27.5-1.45-61	Правила безпеки при роботі в ливарних цехах сталюого, чавунного та бронзового лиття	1961	ЦК профспілки робітників авіаоборонпрому
Виробництво та розподілення електроенергії (код КВЕД 40.1)			
НПАОП 40.1-1.01-97	Правила безпечної експлуатації електроустановок Зміни: Зареєстровано:	06.10.97 Наказ № 257 25.02.00 Наказ № 26 06.04.00 № 213/4434	Держнаглядохоронпраці України Держнаглядохоронпраці України Мін'юст України
НПАОП 40.1-1.21-98	Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів Зареєстровано:	09.01.98 Наказ № 4 10.02.98 № 93/2533	Держнаглядохоронпраці України Мін'юст України
НПАОП 40.1-1.32-01	Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок	21.06.01 № 272	Мінпраці України

Приложение Ц

Таблица Ц. 1 – Межгосударственные стандарты по охране труда

Обозначение нормативного акта	Название нормативного акта
1	2
ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ	Опасные и вредные производственные факторы. Классификация
ГОСТ 12.1.001-89 ССБТ	Ультразвук. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.1.002-84 ССБТ	Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах
ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ	Шум. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ	Пожарная безопасность. Общие требования

Продолжение таблицы Ц.1

1	2
ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ	Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны
ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ	Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля
ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ	Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности
ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ	Взрывобезопасность. Общие требования
ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ	Вибрационная безопасность. Общие требования
ГОСТ 12.1.014-84 ССБТ	Воздух рабочей зоны. Метод измерения концентраций вредных веществ индикаторными трубками
ГОСТ 12.1.016-79 ССБТ	Воздух рабочей зоны. Требования к методикам измерения концентрации вредных веществ
ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ	Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты
ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ	Электробезопасность. Защитное заземление, зануление
ГОСТ 12.1.044-89 ССБТ	Пожаробезопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения
ГОСТ 12.1.045-84. ССБТ	Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля
ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ	Оборудование производственное. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.2.007-88 ССБТ	Оборудование электротермическое. Требования безопасности
ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ	Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования
ГОСТ 12.2.033-84 ССБТ	Рабочие места при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования
ГОСТ 12.2.046-90 ССБТ	Оборудование технологическое для литейного производства. Требования безопасности
ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ	Оборудование производственное. Общие эргономические требования
ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ	Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам
ГОСТ 12.2.062-81. ССБТ	Оборудование производственное. Ограждения защитные
ГОСТ 12.2.072-82 ССБТ	Роботы промышленные. Роботизированные технологические комплексы и участки. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.3.002-75 ССБТ	Процессы производственные. Общие требования безопасности

Продолжение таблицы Ц.1

1	2
ГОСТ 12.3.005-75 ССБТ	Работы окрасочные. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.3.009-76 ССБТ	Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.3.027-92 ССБТ	Работы литейные. Требования безопасности
ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ	Средства защиты работающих. Общие требования и классификация
ГОСТ 12.4.026-76 ССБТ	Цвета сигнальные и знаки безопасности.
ГОСТ 12.4.103-83 ССБТ	Одежда специальная защитная, средства индивидуальной защиты ног и рук. Классификация
ГОСТ 12.4.125-83 ССБТ	Средства коллективной защиты работающих от воздействия механических факторов. Классификация
ГОСТ 17.2.1.04-77 ССБТ	Охрана природы. Атмосфера. Метеорологические аспекты загрязнения и промышленные выбросы. Основные термины и определения

Приложение Ш

Таблица Ш. 1 – Государственные стандарты Украины по охране труда

Обозначение нормативного акта	Название нормативного акта
ДСТУ 2272-93	Пожежна безпека. Терміни та визначення
ДСТУ 2300-93.	Вібрація. Терміни та визначення
ДСТУ 2325-93	Шум. Терміни та визначення
ДСТУ 2657-94	Машини та обладнання для механізації робіт у доменному виробництві. Загальні вимоги безпеки
ДСТУ 2687-94	Машини та обладнання для механізації робіт у сталеплавильному виробництві. Загальні вимоги безпеки
ДСТУ 2740-94	Виробництво виливків у металевих формах методом безперервного лиття. Вимоги безпеки
ДСТУ 3038-95	Гігієна. Терміни та визначення основних понять

Приложение Щ

Таблица Щ.1 – Санитарные нормы и правила, строительные нормы

Обозначение нормативного акта	Название нормативного акта
ДСН 3.3.6.037-99	Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку
ДСН 3.3.6.039-99	Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації
ДСН 3.3.6.042-99	Державні санітарні норми мікроклімату
ДСН 3.3.6.096-02	Державні санітарні норми і привила при роботі з джерелами електромагнітних полів
НАПБ А.01.001-2004	Правила пожежної безпеки України
ДБН В.2.5-28-2006	Природне та штучне освітлення

Навчальне видання

**АНАЛІЗ НЕБЕЗБЕЧНИХ І ШКІДЛИВИХ
ВИРОБНИЧИХ ФАКТОРІВ
У ЛИВАРНОМУ ВИРОБНИЦТВІ**

Методичні вказівки

для студентів спеціальностей ЛВ, ОЛВ
(Російською мовою)

Укладач ГЛИНЯНА Наталія Михайлівна

За авторським редагуванням

Комп'ютерне верстання С. П. Шнурік

31/2014. Формат 60 x 84/16. Ум. друк. арк. 5,98.
Обл.-вид. арк.4,44. Тираж 4 пр. Зам. № 46.

Видавець і виготівник
Донбаська державна машинобудівна академія
84313, м. Краматорськ, вул. Шкадінова, 72.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 1633 від 24.12.2003